

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO

**Avaliação acústica de oito salas destinadas a apresentações
teatrais da cidade de Campinas, SP, através da técnica
impulsiva.**

Ana Paula Ogasawara

Orientadora: Profa. Dra. Stelamaris Rolla Bertoli

Dissertação apresentada à Comissão de Pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração Arquitetura e Construção.

Campinas, SP
2006

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

Ogla Ogasawara, Ana Paula
Avaliação acústica de oito salas destinadas a apresentações teatrais da cidade de Campinas, SP, através da técnica impulsiva / Ana Paula Ogasawara.-- Campinas, SP: [s.n.], 2006.

Orientador: Stelamaris Rolla Bertoli
Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

1. Acústica. 2. Acústica arquitetônica. 3. Arquitetura de teatros. 4. Som – Medição. I. Bertoli, Stelamaris Rolla. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Titulo em Inglês: Acoustical evaluation by impulsive technique of eight rooms used for theatrical presentations in the city of Campinas, SP.

Palavras-chave em Inglês: Theatre acoustics, Impulsive technique, Acoustic performance, Architectural acoustics

Área de concentração: Arquitetura e Construção

Titulação: Mestre em Engenharia Civil

Banca examinadora: Lea Cristina Lucas de Souza e Paulo Sérgio Scarazzato

Data da defesa: 23/08/2006

Avaliação acústica de oito salas destinadas a apresentações teatrais da cidade de Campinas, SP, através da técnica impulsiva.

Ana Paula Ogasawara

Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



Prof. Dra. Stelamaris Rolla Bertoli
Presidente e orientadora/FEC-UNICAMP



Prof. Dra. Léa Cristina Lucas de Souza
Unesp-Bauru



Prof. Dr. Paulo Sérgio Scarazzato
FEC-UNICAMP

Dedicatória

Aos meus pais, Eduardo e Neide
e ao meu irmão André,
pelo incentivo, paciência, dedicação
e amor incondicional.

Agradecimentos

Primeiramente agradeço a professora Dra. Stelamaris pelo empenho na orientação, sempre com objetividade e clareza, além da grande amizade;

Ao prof. Dr. Paulo Sérgio Scarazzato pelo carinho e estímulo inicial nos estudos da acústica arquitetônica;

Aos técnicos do Laboratório de Conforto Ambiental e Física, Daniel e Obadias, e a até então aluna de iniciação científica Vanessa Takahashi, pela dedicação e ajuda em todos os momentos dessa dissertação;

À minha tia Saemi pela preciosa ajuda e incentivo à pesquisa científica;

A todos que contribuíram diretamente ou indiretamente para a realização desta pesquisa.

Sumário

| | |
|---|-----------|
| 1. Introdução | 01 |
| 2. Objetivos | 05 |
| 2.1 Objetivo geral | 05 |
| 2.2 Objetivos específicos | 05 |
| 3. Avaliação de edificações | 06 |
| 3.1 Avaliação Pós-Ocupação Acústica (APO Acústica) | 06 |
| 4. Acústica de salas | 09 |
| 4.1 Teatros – Análise e definição da tipologia de estudo | 11 |
| 4.2 Norma acústicas e legislações | 12 |
| 5. Técnica Impulsiva | 15 |
| 5.1 Software para medições de acústica de salas – Dirac 7841 da Brüel & Kjaer | 18 |
| 5.2 Descritores de acústica de salas | 21 |
| 5.2.1 Tempo de Reverberação | 21 |
| 5.2.2 Nível de Pressão Sonora | 23 |
| 5.2.3 Curvas de avaliação de ruído (Noise Criterion Curves – NC) | 24 |
| 5.2.4 Nível de Interferência na fala (Speech Interference Level – SIL) | 25 |
| 5.2.5 Tempo de decaimento inicial (Early Decay Time - EDT) | 26 |
| 5.2.6 Tempo central (Ts) | 27 |
| 5.2.7 Clareza (C_{80}) | 28 |
| 5.2.8 Definição (D_{50}) | 28 |
| 5.2.9 Índice de transmissão da fala (Speech Transmission Index – STI) | 29 |
| 6. Bibliografia e diretrizes de projeto | 32 |
| 6.1 Geometria da sala | 33 |
| 6.2 Dimensões | 34 |

| | |
|--|----------------|
| 6.3 Layout | 35 |
| 6.4 Materiais | 36 |
| 6.5 Visibilidade | 38 |
| 6.6 Parâmetros acústicos | 39 |
| 7. Metodologia | 40 |
| 7.1 Definição da amostra | 40 |
| 7.2 Planilha de informações | 43 |
| 7.3 Procedimento de medição | 43 |
| 7.3.1 Medição objetiva | 43 |
| 7.4 Análise dos resultados | 45 |
| 8. Resultados | 46 |
| 8.1 Sala In Touch | 48 |
| 8.2 Teatro Sotac | 66 |
| 8.3 Teatro SESC | 84 |
| 8.4 Teatro Evolução | 102 |
| 8.5 Teatro Tim | 120 |
| 8.6 Teatro Sia Santa | 139 |
| 8.7 Sala Cultura Inglesa | 156 |
| 8.8 Anfiteatro Dom Bosco | 174 |
| 9. Discussão dos resultados | 192 |
| 9.1 Parâmetros acústicos | 192 |
| 9.2 Parâmetros arquitetônicos | 204 |
| 10. Conclusões | 206 |
| Referências | 208 |
| Bibliografia consultada | 214 |
| Apêndice | 217 |
| Apêndice A – Planilha de coleta de dados | 218 |
| Apêndice B – Bibliografia e salas | 219 |

Lista de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 5-1. Refletograma | 15 |
| Figura 5-2. Tela de medição do Dirac | 18 |
| Figura 5-3. Refletograma | 19 |
| Figura 5-4. Resposta impulsiva no domínio da frequência – “Lin Spectrum” e “Log Spectrum” | 19 |
| Figura 5-5. Spectrograma e decaimento cumulativo do espectro em forma de cascata . | 20 |
| Figura 5-6. Tempo ótimo de reverberação para várias atividades na frequência de 500 Hz | 23 |
| Figura 5-7. Valores das curvas NC em bandas de 1/1 oitava | 24 |
| Figura 5-8. Níveis de interferência na fala em função das distâncias de duas pessoas ... | 26 |
| Figura 5-9. EDT | 27 |
| Figura 5-10. Faixa de frequência de teste acústico em laboratório, fala humana e música | 29 |
| Figura 6-1. Planta esquemática - Inclinação das paredes laterais | 34 |
| Figura 6-2. Curva de visibilidade | 38 |
| Figura 7-1. Mapa da cidade de Campinas com a localização dos teatros selecionados ... | 42 |
| Figura 7-2. Mediator 2238 – 1 e 2, amplificador – frente e trás – 3, fonte sonora – 4, placa de som – 5 (DIGIGRAM, 2006), microcomputador portátil – 6 | 45 |
| Figura 8-1. Perspectiva do Centro de Comunicação e Artes | 48 |
| Figura 8-2. Mapa da região da sala In Touch | 49 |
| Figura 8-3. Interior da sala In Touch | 50 |
| Figura 8-4. Planta do 2º pavimento – sem escala | 51 |
| Figura 8-5. Corte AA – sem escala | 51 |

| | |
|--|----|
| Figura 8-6. Espectro sonoro da sala In Touch | 52 |
| Figura 8-7. Tempo de reverberação da sala In Touch | 55 |
| Figura 8-8. Tempo de reverberação da sala In Touch | 56 |
| Figura 8-9. EDT da sala In Touch | 57 |
| Figura 8-10. EDT da sala In Touch | 58 |
| Figura 8-11. Tempo central da sala In Touch | 59 |
| Figura 8-12. Tempo central da sala In Touch | 60 |
| Figura 8-13. Clareza da sala In Touch | 61 |
| Figura 8-14. Clareza da sala In Touch | 62 |
| Figura 8-15. Definição da sala In Touch | 63 |
| Figura 8-16. Definição da sala In Touch | 64 |
| Figura 8-17. Acesso ao Sotac | 66 |
| Figura 8-18. Mapa da região do teatro Sotac | 67 |
| Figura 8-19. Interior do teatro Sotac | 68 |
| Figura 8-20. Planta esquemática – sem escala | 69 |
| Figura 8-21. Corte AA – sem escala | 70 |
| Figura 8-22. Espectro sonoro do teatro Sotac | 70 |
| Figura 8-23. Tempo de reverberação do teatro Sotac | 72 |
| Figura 8-24. Tempo de reverberação do teatro Sotac | 73 |
| Figura 8-25. EDT do teatro Sotac | 75 |
| Figura 8-26. EDT do teatro Sotac | 76 |
| Figura 8-27. Tempo central do teatro Sotac | 77 |
| Figura 8-28. Tempo central do teatro Sotac | 78 |
| Figura 8-29. Clareza do teatro Sotac | 79 |
| Figura 8-30. Clareza do teatro Sotac | 80 |
| Figura 8-31. Definição do teatro Sotac | 81 |
| Figura 8-32. Definição do teatro Sotac | 82 |
| Figura 8-33. Hall de acesso ao teatro | 84 |
| Figura 8-34. Mapa da região do SESC | 85 |
| Figura 8-35. Interior do teatro SESC | 86 |
| Figura 8-36. Planta – sem escala | 87 |
| Figura 8-37. Corte AA – sem escala | 88 |
| Figura 8-38. Espectro sonoro do teatro SESC | 89 |
| Figura 8-39. Tempo de reverberação do teatro SESC | 91 |
| Figura 8-40. Tempo de reverberação do teatro SESC | 92 |

| | |
|--|-----|
| Figura 8-41. EDT do teatro SESC | 93 |
| Figura 8-42. EDT do teatro SESC | 94 |
| Figura 8-43. Tempo central do teatro SESC | 95 |
| Figura 8-44. Tempo central do teatro SESC | 96 |
| Figura 8-45. Clareza do teatro SESC | 97 |
| Figura 8-46. Clareza do teatro SESC | 98 |
| Figura 8-47. Definição do teatro SESC | 99 |
| Figura 8-48. Definição do teatro SESC | 100 |
| Figura 8-49. Maquete | 102 |
| Figura 8-50. Mapa da região do teatro Evolução | 103 |
| Figura 8-51. Interior do teatro Evolução | 104 |
| Figura 8-52. Planta do mezanino e térreo | 105 |
| Figura 8-53. Corte AA – sem escala | 105 |
| Figura 8-54. Espectro sonoro do teatro Evolução | 106 |
| Figura 8-55. Tempo de reverberação do teatro Evolução | 108 |
| Figura 8-56. Tempo de reverberação do teatro Evolução | 109 |
| Figura 8-57. EDT do teatro Evolução | 111 |
| Figura 8-58. EDT do teatro Evolução | 112 |
| Figura 8-59. Tempo central do teatro Evolução | 113 |
| Figura 8-60. Tempo central do teatro Evolução | 114 |
| Figura 8-61. Clareza do teatro Evolução | 115 |
| Figura 8-62. Clareza do teatro Evolução | 116 |
| Figura 8-63. Definição do teatro Evolução | 117 |
| Figura 8-64. Definição do teatro Evolução | 118 |
| Figura 8-65. Entrada do teatro Tim | 120 |
| Figura 8-66. Mapa da região do shopping D. Pedro..... | 121 |
| Figura 8-67. Interior do teatro Tim | 122 |
| Figura 8-68. Planta pavimento térreo e superior – sem escala | 124 |
| Figura 8-69. Corte AA – sem escala | 125 |
| Figura 8-70. Espectro sonoro do teatro Tim | 126 |
| Figura 8-71. Tempo de reverberação do teatro Tim | 128 |
| Figura 8-72. Tempo de reverberação do teatro Tim | 129 |
| Figura 8-73. EDT do teatro Tim | 130 |
| Figura 8-74. EDT do teatro Tim | 131 |
| Figura 8-75. Tempo central do teatro Tim | 132 |

| | |
|---|-----|
| Figura 8-76. Tempo central do teatro Tim | 133 |
| Figura 8-77. Clareza do teatro Tim | 134 |
| Figura 8-78. Clareza do teatro Tim | 135 |
| Figura 8-79. Definição do teatro Tim | 136 |
| Figura 8-80. Definição do teatro Tim | 137 |
| Figura 8-81. Fachada do teatro Sia Santa | 139 |
| Figura 8-82. Mapa da região do teatro Sia Santa | 140 |
| Figura 8-83. Interior do teatro Sia Santa | 141 |
| Figura 8-84. Planta do 1º pavimento – sem escala | 142 |
| Figura 8-85. Corte AA – sem escala | 142 |
| Figura 8-86. Espectro sonoro do teatro Sia Santa | 143 |
| Figura 8-87. Tempo de reverberação do teatro Sia Santa | 146 |
| Figura 8-88. Tempo de reverberação do teatro Sia Santa | 147 |
| Figura 8-89. EDT do teatro Sia Santa | 148 |
| Figura 8-90. EDT do teatro Sia Santa | 149 |
| Figura 8-91. Tempo central do teatro Sia Santa | 150 |
| Figura 8-92. Tempo central do teatro Sia Santa | 151 |
| Figura 8-93. Clareza do teatro Sia Santa | 152 |
| Figura 8-94. Clareza do teatro Sia Santa | 153 |
| Figura 8-95. Definição do teatro Sia Santa | 154 |
| Figura 8-96. Definição do teatro Sia Santa | 154 |
| Figura 8-97. Acesso à Cultura Inglesa | 156 |
| Figura 8-98. Mapa da região da sala Cultura Inglesa | 157 |
| Figura 8-99. Interior da sala Cultura Inglesa | 158 |
| Figura 8-100. Planta do espaço cultural Cultura Inglesa | 159 |
| Figura 8-101. Corte AA – sem escala | 160 |
| Figura 8-102. Espectro sonoro da sala Cultura Inglesa | 161 |
| Figura 8-103. Tempo de reverberação da sala Cultura Inglesa | 163 |
| Figura 8-104. Tempo de reverberação da sala Cultura Inglesa | 164 |
| Figura 8-105. EDT da sala Cultura Inglesa | 165 |
| Figura 8-106. EDT da sala Cultura Inglesa | 166 |
| Figura 8-107. Tempo central da sala Cultura Inglesa | 167 |
| Figura 8-108. Tempo central da sala Cultura Inglesa | 168 |
| Figura 8-109. Clareza da sala Cultura Inglesa | 169 |
| Figura 8-110. Clareza da sala Cultura Inglesa | 170 |

| | |
|---|-----|
| Figura 8-111. Definição da sala Cultura Inglesa | 171 |
| Figura 8-112. Definição da sala Cultura Inglesa | 172 |
| Figura 8-113. Perspectiva do Centro Cultural | 174 |
| Figura 8-114. Mapa da região do anfiteatro Dom Bosco | 175 |
| Figura 8-115. Interior do anfiteatro Dom Bosco | 176 |
| Figura 8-116. Planta do pavimento inferior | 177 |
| Figura 8-117. Corte AA – sem escala | 178 |
| Figura 8-118. Espectro sonoro do anfiteatro Dom Bosco | 179 |
| Figura 8-119. Tempo de reverberação do anfiteatro Dom Bosco | 181 |
| Figura 8-120. Tempo de reverberação do anfiteatro Dom Bosco | 182 |
| Figura 8-121. EDT do anfiteatro Dom Bosco | 183 |
| Figura 8-122. EDT do anfiteatro Dom Bosco | 184 |
| Figura 8-123. Tempo central do anfiteatro Dom Bosco | 185 |
| Figura 8-124. Tempo central do anfiteatro Dom Bosco | 186 |
| Figura 8-125. Clareza do anfiteatro Dom Bosco | 187 |
| Figura 8-126. Clareza do anfiteatro Dom Bosco | 188 |
| Figura 8-127. Definição do anfiteatro Dom Bosco | 189 |
| Figura 8-128. Definição do anfiteatro Dom Bosco | 190 |
| Figura 9-1. Espectro sonoro | 193 |
| Figura 9-2. Nível de pressão sonora global em dB(A) | 194 |
| Figura 9-3. NC | 195 |
| Figura 9-4. SIL (dB) | 196 |
| Figura 9-5. SIL X Distância orador-ouvinte | 197 |
| Figura 9-6. Tempo de reverberação | 198 |
| Figura 9-7. Tempo de decaimento inicial | 199 |
| Figura 9-8. Tempo central | 200 |
| Figura 9-9. Clareza | 201 |
| Figura 9-10. Definição | 203 |
| Figura 9-11. STI | 204 |

Lista de tabelas

| | |
|--|----|
| Tabela 4-1. Níveis de conforto em dB(A) e em NC, segundo a NBR 10152 | 13 |
| Tabela 5-1. Níveis de pressão sonora em dB correspondentes às curvas de avaliação (NC) | 25 |
| Tabela 5-2. STI relacionado com a inteligibilidade da fala | 31 |
| Tabela 6-1. Legenda para a análise comparativa | 33 |
| Tabela 6-2. Geometria da sala | 33 |
| Tabela 6-3. Dimensões | 35 |
| Tabela 6-4. Layout | 36 |
| Tabela 6-5. Materiais das paredes laterais | 37 |
| Tabela 6-6. Visibilidade | 38 |
| Tabela 6-7. Parâmetros acústicos | 39 |
| Tabela 7-1. Nome e localização dos Teatros selecionados | 40 |
| Tabela 8-1. Nível de pressão sonora da sala In Touch | 52 |
| Tabela 8-2. Distância em planta (m) entre fonte e receptor (pontos analisados) | 53 |
| Tabela 8-3. Distância em planta (m) entre fonte' e receptor (pontos analisados) | 54 |
| Tabela 8-4. Tempo de reverberação (s) nos 5 pontos analisados – sala In Touch | 54 |
| Tabela 8-5. Tempo de reverberação (s) nos 5 pontos analisados – sala In Touch | 55 |
| Tabela 8-6. EDT (s) nos 6 pontos analisados – sala In Touch | 57 |
| Tabela 8-7. EDT (s) nos 6 pontos analisados – sala In Touch | 57 |
| Tabela 8-8. Tempo central (ms) nos 6 pontos analisados – sala In Touch | 59 |
| Tabela 8-9. Tempo central (ms) nos 6 pontos analisados – sala In Touch | 59 |
| Tabela 8-10. Clareza (dB) nos 6 pontos analisados – sala In Touch | 61 |
| Tabela 8-11. Clareza (dB) nos 6 pontos analisados – sala In Touch | 61 |
| Tabela 8-12. Distância em planta (m) entre fonte e receptor (pontos analisados) | 63 |

| | |
|--|-----|
| Tabela 8-13. Distância em planta (m) entre fonte' e receptor (pontos analisados) | 63 |
| Tabela 8-14. Definição nos 6 pontos analisados – sala In Touch | 63 |
| Tabela 8-15. Definição nos 6 pontos analisados – sala In Touch | 64 |
| Tabela 8-16. STI nos 6 pontos analisados – sala In Touch | 65 |
| Tabela 8-17. Nível de pressão sonora do teatro Sotac | 70 |
| Tabela 8-18. Distância em planta (m) entre fonte e receptor (pontos analisados) | 71 |
| Tabela 8-19. Distância em planta (m) entre fonte' e receptor (pontos analisados) | 71 |
| Tabela 8-20. Tempo de reverberação (s) nos 5 pontos analisados – teatro Sotac | 72 |
| Tabela 8-21. Tempo de reverberação (s) nos 5 pontos analisados – teatro Sotac | 73 |
| Tabela 8-22. EDT (s) nos 6 pontos analisados – teatro Sotac | 74 |
| Tabela 8-23. EDT (s) nos 6 pontos analisados – teatro Sotac | 75 |
| Tabela 8-24. Tempo central (ms) nos 6 pontos analisados – teatro Sotac | 77 |
| Tabela 8-25. Tempo central (ms) nos 6 pontos analisados – teatro Sotac | 77 |
| Tabela 8-26. Clareza (dB) nos 6 pontos analisados – teatro Sotac | 78 |
| Tabela 8-27. Clareza (dB) nos 6 pontos analisados – teatro Sotac | 79 |
| Tabela 8-28. Definição nos 7 pontos analisados – teatro Sotac | 81 |
| Tabela 8-29. Definição nos 7 pontos analisados – teatro Sotac | 82 |
| Tabela 8-30. STI nos 6 pontos analisados – teatro Sotac | 83 |
| Tabela 8-31. Nível de pressão sonora do teatro SESC | 88 |
| Tabela 8-32. Distância em planta (m) entre fonte e receptor (pontos analisados) | 90 |
| Tabela 8-33. Distância em planta (m) entre fonte' e receptor (pontos analisados) | 90 |
| Tabela 8-34. Tempo de reverberação (s) nos 5 pontos analisados – teatro SESC | 90 |
| Tabela 8-35. Tempo de reverberação (s) nos 5 pontos analisados – teatro SESC | 91 |
| Tabela 8-36. EDT (s) nos 6 pontos analisados – teatro SESC | 93 |
| Tabela 8-37. EDT (s) nos 6 pontos analisados – teatro SESC | 94 |
| Tabela 8-38. Tempo central (ms) nos 6 pontos analisados – teatro SESC | 95 |
| Tabela 8-39. Tempo central (ms) nos 6 pontos analisados – teatro SESC | 96 |
| Tabela 8-40. Clareza (dB) nos 6 pontos analisados – teatro SESC | 97 |
| Tabela 8-41. Clareza (dB) nos 6 pontos analisados – teatro SESC | 98 |
| Tabela 8-42. Definição nos 6 pontos analisados – teatro SESC | 99 |
| Tabela 8-43. Definição nos 6 pontos analisados – teatro SESC | 100 |
| Tabela 8-44. STI nos 6 pontos analisados – teatro SESC | 101 |
| Tabela 8-45. Nível de pressão sonora do teatro Evolução | 106 |
| Tabela 8-46. Distância em planta (m) entre fonte e receptor (pontos analisados) | 107 |
| Tabela 8-47. Distância em planta (m) entre fonte' e receptor (pontos analisados) | 107 |

| | |
|--|-----|
| Tabela 8-48. Tempo de reverberação (s) nos 7 pontos analisados – teatro Evolução .. | 108 |
| Tabela 8-49. Tempo de reverberação (s) nos 7 pontos analisados – teatro Evolução | 109 |
| Tabela 8-50. EDT (s) nos 7 pontos analisados – teatro Evolução | 110 |
| Tabela 8-51. EDT (s) nos 7 pontos analisados – teatro Evolução | 111 |
| Tabela 8-52. Tempo central (ms) nos 7 pontos analisados – teatro Evolução | 113 |
| Tabela 8-53. Tempo central (ms) nos 7 pontos analisados – teatro Evolução | 114 |
| Tabela 8-54. Clareza (dB) nos 7 pontos analisados – teatro Evolução | 115 |
| Tabela 8-55. Clareza (dB) nos 7 pontos analisados – teatro Evolução | 116 |
| Tabela 8-56. Definição nos 7 pontos analisados – teatro Evolução | 117 |
| Tabela 8-57. Definição nos 7 pontos analisados – teatro Evolução | 118 |
| Tabela 8-58. STI nos 7 pontos analisados – teatro Evolução | 119 |
| Tabela 8-59. Nível de pressão sonora do teatro Tim | 115 |
| Tabela 8-60. Distância em planta (m) entre fonte e receptor (pontos analisados) | 117 |
| Tabela 8-61. Distância em planta (m) entre fonte' e receptor (pontos analisados) | 127 |
| Tabela 8-62. Tempo de reverberação (s) nos 6 pontos analisados – teatro Tim | 127 |
| Tabela 8-63. Tempo de reverberação (s) nos 6 pontos analisados – teatro Tim | 128 |
| Tabela 8-64. EDT (s) nos 6 pontos analisados – teatro Tim | 130 |
| Tabela 8-65. EDT (s) nos 6 pontos analisados – teatro Tim | 131 |
| Tabela 8-66. Tempo central (ms) nos 6 pontos analisados – teatro Tim | 132 |
| Tabela 8-67. Tempo central (ms) nos 6 pontos analisados – teatro Tim | 133 |
| Tabela 8-68. Clareza (dB) nos 6 pontos analisados – teatro Tim | 134 |
| Tabela 8-69. Clareza (dB) nos 6 pontos analisados – teatro Tim | 135 |
| Tabela 8-70. Definição nos 6 pontos analisados – teatro Tim | 136 |
| Tabela 8-71. Definição nos 6 pontos analisados – teatro Tim | 137 |
| Tabela 8-72. STI nos 6 pontos analisados – teatro Tim | 138 |
| Tabela 8-73. Nível de pressão sonora do teatro Sia Santa | 143 |
| Tabela 8-74. Distância em planta (m) entre fonte e receptor (pontos analisados) | 144 |
| Tabela 8-75. Distância em planta (m) entre fonte' e receptor (pontos analisados) | 144 |
| Tabela 8-76. Tempo de reverberação (s) nos 5 pontos analisados – teatro Sia Santa... | 145 |
| Tabela 8-77. Tempo de reverberação (s) nos 5 pontos analisados – teatro Sia Santa ... | 146 |
| Tabela 8-78. EDT (s) nos 5 pontos analisados – teatro Sia Santa | 148 |
| Tabela 8-79. EDT (s) nos 5 pontos analisados – teatro Sia Santa | 148 |
| Tabela 8-80. Tempo central (ms) nos 5 pontos analisados – teatro Sia Santa | 150 |
| Tabela 8-81. Tempo central (ms) nos 5 pontos analisados – teatro Sia Santa | 150 |

| | |
|---|-----|
| Tabela 8-82. Clareza (dB) nos 5 pontos analisados – teatro Sia Santa | 152 |
| Tabela 8-83. Clareza (dB) nos 5 pontos analisados – teatro Sia Santa | 152 |
| Tabela 8-84. Definição nos 5 pontos analisados – teatro Sia Santa | 153 |
| Tabela 8-85. Definição nos 5 pontos analisados – teatro Sia Santa | 154 |
| Tabela 8-86. STI nos 5 pontos analisados – teatro Sia Santa | 155 |
| Tabela 8-87. Nível de pressão sonora da sala In Touch | 160 |
| Tabela 8-88. Distância em planta (m) entre fonte e receptor (pontos analisados) | 162 |
| Tabela 8-89. Distância em planta (m) entre fonte' e receptor (pontos analisados) | 162 |
| Tabela 8-90. Tempo de reverberação (s) nos 7 pontos analisados – sala Cultura Inglesa | 163 |
| Tabela 8-91. Tempo de reverberação (s) nos 7 pontos analisados – sala Cultura Inglesa | 164 |
| Tabela 8-92. EDT (s) nos 7 pontos analisados – sala Cultura Inglesa | 165 |
| Tabela 8-93. EDT (s) nos 7 pontos analisados – sala Cultura Inglesa | 166 |
| Tabela 8-94. Tempo central (ms) nos 7 pontos analisados – sala Cultura Inglesa | 167 |
| Tabela 8-95. Tempo central (ms) nos 7 pontos analisados – sala Cultura Inglesa | 168 |
| Tabela 8-96. Clareza (dB) nos 7 pontos analisados – sala Cultura Inglesa | 169 |
| Tabela 8-97. Clareza (dB) nos 7 pontos analisados – sala Cultura Inglesa | 170 |
| Tabela 8-98. Definição nos 7 pontos analisados – sala Cultura Inglesa | 171 |
| Tabela 8-99. Definição nos 7 pontos analisados – sala Cultura Inglesa | 172 |
| Tabela 8-100. STI nos 7 pontos analisados – sala Cultura Inglesa | 173 |
| Tabela 8-101. Nível de pressão sonora do anfiteatro Dom Bosco..... | 178 |
| Tabela 8-102. Distância em planta (m) entre fonte e receptor (pontos analisados) | 180 |
| Tabela 8-103. Distância em planta (m) entre fonte' e receptor (pontos analisados) | 180 |
| Tabela 8-104. Tempo de reverberação (s) nos 7 pontos analisados – anfiteatro Dom Bosco | 181 |
| Tabela 8-105. Tempo de reverberação (s) nos 7 pontos analisados – anfiteatro Dom Bosco | 182 |
| Tabela 8-106. EDT (s) nos 7 pontos analisados – anfiteatro Dom Bosco | 183 |
| Tabela 8-107. EDT (s) nos 7 pontos analisados – anfiteatro Dom Bosco | 184 |
| Tabela 8-108. Tempo central (ms) nos 7 pontos analisados – anfiteatro Dom Bosco | 185 |
| Tabela 8-109. Tempo central (ms) nos 7 pontos analisados – anfiteatro Dom Bosco | 186 |
| Tabela 8-110. Clareza (dB) nos 7 pontos analisados – anfiteatro Dom Bosco | 187 |
| Tabela 8-111. Clareza (dB) nos 7 pontos analisados – anfiteatro Dom Bosco | 188 |
| Tabela 8-112. Definição nos 7 pontos analisados – anfiteatro Dom Bosco | 189 |
| Tabela 8-113. Definição nos 7 pontos analisados – anfiteatro Dom Bosco | 190 |
| Tabela 8-114. STI nos 7 pontos analisados – anfiteatro Dom Bosco | 191 |

| | |
|--|-----|
| Tabela 9-1. Ruído de fundo (dB) | 192 |
| Tabela 9-2. Níveis globais de pressão sonora ponderados na curva A – dB(A) | 194 |
| Tabela 9-3. Avaliação de ruído - NC | 195 |
| Tabela 9-4. Níveis de interferência na fala - SIL | 196 |
| Tabela 9-5. Tempo de reverberação – TR (s) | 197 |
| Tabela 9-6. Tempo de decaimento inicial – EDT (s) | 199 |
| Tabela 9-7. Tempo central – Ts (ms) | 200 |
| Tabela 9-8. Clareza – C_{80} (dB) | 201 |
| Tabela 9-9. Definição – D_{50} | 202 |
| Tabela 9-10. Índice de transmissão da fala – STI | 204 |

Lista de equações

| | |
|--|----|
| Equação 5-1. Tempo de reverberação | 22 |
| Equação 5-2. SIL | 26 |
| Equação 5-3. Tempo central | 27 |
| Equação 5-4. Clareza | 28 |
| Equação 5-5. Definição | 28 |

Lista de abreviações

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

APO – Avaliação Pós-Ocupação

B&K – Brüel & Kjaer

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

ISO – International Organization for Standardization

NBR – Norma Brasileira

UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas

Resumo

A acústica arquitetônica é uma das áreas do conforto ambiental e, como tal, de grande importância para a qualidade do espaço, no que diz respeito ao grau de satisfação do usuário. Dentre as diferentes tipologias de edificações, os teatros primam por qualidade acústica, pois destinam-se essencialmente à transmissão de mensagens sonoras faladas, cantadas ou musicadas. Paradoxalmente, a literatura temática disponível no Brasil é praticamente inexistente, sendo enorme a dificuldade dos que se dedicam ao estudo da acústica arquitetônica, em obter informações sobre o objeto de estudo de sua disciplina. O objetivo desta pesquisa é avaliar o conforto acústico de oito salas destinadas a apresentações teatrais da cidade de Campinas através de elementos do projeto arquitetônico e de parâmetros acústicos que influenciam com a qualidade desses espaços para situações de palavra falada. Com esta finalidade, utilizou-se a técnica impulsiva para a análise acústica destas salas. A avaliação acústica vem das análises dos dados de nível de pressão sonora (NPS) em dB(A), dos espectros sonoros, tempo de reverberação (TR), clareza (C_{50}), definição (D_{80}), tempo central (T_s), tempo de decaimento inicial (EDT – “Early Decay Time”) e índice de transmissão da fala (STI – “Speech Transmission Index”). Os dados dos espectros possibilitam as predições do nível de interferência na fala (SIL) e também a classificação dos ambientes segundo as curvas de NC (Noise Criterion Curves). Os resultados foram avaliados através dos dados tabulados das avaliações, obtidos através da técnica impulsiva e dos elementos arquitetônicos de cada sala. Como resultado, constatou-se que todas as salas avaliadas garantem uma transmissão sonora eficiente principalmente nas médias e altas frequências, sendo a principal fonte de ruído, as fontes interiores às edificações. A forma de apresentação dos resultados de cada teatro representa um método base para o procedimento de análise acústica. O cruzamento das informações da análise acústica com as características construtivas colabora para mostrar a importância do projeto arquitetônico estar interligado ao projeto acústico.

Palavras-chave: Acústica de teatros; Técnica impulsiva; Desempenho acústico.

Abstract

The architectural acoustics is an issue related to environmental comfort and, as such, of great importance for the quality of the space, concerning the satisfaction level of its user. Among the wide range of edification typologies, the theaters excel for their acoustic quality, since they are destined essentially for the transmission of spoken sound messages or songs. Paradoxically, the available thematic literature in Brazil is practically inexistent, which has become an enormous hindrance to those who have dedicated themselves to the study of the architectural acoustics, in obtaining information on its discipline. The main purpose of this project is to evaluate the acoustic comfort of eight rooms directed to theatrical presentations in Campinas city through elements of architectural project and of acoustic parameters which influence the quality of those spaces for speech situations. For this purpose, the impulsive technique was used for the acoustic analysis of these rooms. The acoustic evaluation comes from the analyses of the data of sound pressure level (SPL) in dB(A), sound spectrum, reverberation time (RT), clarity (C_{50}), definition (D_{80}), central time (T_s), early decay time (EDT) and speech transmission index (STI). The spectrum results make possible the predictions on speech interference level (SIL) and also the classification of the rooms according to noise criterion curves (NC). The results were appraised through the tabulated data of the evaluations, obtained through the impulsive technique and of the architectural elements of each room. As result, was concluded that all appraised rooms could guarantee an efficient sound transmission mainly in the medium and high frequencies, being the main noise source, the interior sources to the edifications. The form of presentation which results of each theater represents a method base for the acoustic analysis procedure. The crossing between the acoustic analysis information and the constructive features collaborates to demonstrate the importance of linkage between both architectural and acoustic projects.

Keywords: Theatre acoustics; impulsive Technique; acoustic performance.

1 Introdução

A cidade de Campinas, atualmente um núcleo da região metropolitana de Campinas, passou por um rápido processo de urbanização, o que fez a cidade se transformar num pólo regional de denso aglomerado urbano (MATOS, 1988). Esse crescimento gerou por um lado fatores positivos de desenvolvimento social, econômico e cultural, mas também gerou a elevação do ruído urbano. O público mais culto já não aceita mais condições desfavoráveis de acústica. Muito pelo contrário, está se tornando cada vez mais exigente (SILVA, 1997).

O ruído é uma das maiores pragas da sociedade pós-industrial e representa uma das principais ameaças para a nossa saúde (GUARINOS, 2001). O ambiente urbano é composto de espaços construídos que são acusticamente ricos. Deste modo, a concepção destes espaços precisa ser gerenciada cuidadosamente a fim de possibilitar a criação de ambientes sonoros agradáveis, capazes de nos trazer as informações necessárias à vida cotidiana e de nos proteger dos ruídos indesejáveis, que nos incomodam e acarretam prejuízo a nossa saúde (MACEDO e SLAMA, 2000). No Brasil, no que se refere ao tratamento acústico dos ambientes, ainda prevalecem salas sem qualidade acústica.

A acústica vem mostrando seu valor projetual desde a Antiguidade, com os teatros ao ar livre dos gregos e romanos. Algumas das características destes foram resgatadas em planta pelos teatros renascentistas, porém estes se desenvolveram em espaços fechados e, por isso mesmo, refletiram um importante momento para a acústica arquitetônica (SOUZA, ALMEIDA e BRAGANÇA, 2003), que vem se desenvolvendo para proporcionar ao usuário uma boa qualidade sonora.

Cientificamente, o valor da acústica dos ambientes é comprovado no século XX. Apesar da segunda metade do século XIX contar com alguns contribuidores importantes para os

estudos acústicos, é só a partir do século XX que os problemas acústicos passaram a ser tratados com maior embasamento científico (SOUZA, ALMEIDA e BRAGANÇA, 2003). A partir de Wallace C. Sabine que, instado a tentar resolver os problemas de acústica de um grande anfiteatro da Universidade de Harvard, em Cambridge, EUA, estudou várias salas, realizando diversos ensaios, formulando o conceito de reverberação e concebendo uma relação simples entre o tempo de decaimento de uma sala como função de seu volume e sua absorção (TENENBAUM, 2000). Criou um dos principais e antigos índices objetivos de qualidade sonora, o Tempo de Reverberação, que marca o início da acústica arquitetônica. Diferentemente dos outros índices, o tempo de reverberação tende a ser uniforme na sala, isto é, o seu valor independe da posição do ouvinte. É o tempo necessário para que a curva de decaimento energético caia 60 dB (BISTAFA, 2003).

O objetivo do projeto acústico de uma sala é a obtenção de “boas condições auditivas”. Tais condições podem ser bastante distintas dependendo do tipo de programa que é apresentado na sala. Os requisitos para palavra falada são distintos daqueles para a música. No primeiro caso, “boas condições auditivas” significam que a fala deve ser facilmente compreendida em todos os pontos da sala. No segundo, a situação é mais complexa, pois diferentes pessoas (músicos, atores, oradores, etc., ou mesmo um simples ouvinte) poderão ter opiniões distintas sobre “boa acústica”, pois as pessoas são também influenciadas pelas oportunidades e experiências em diferentes salas, na comparação de suas propriedades acústicas (BISTAFA, 2003).

A garantia de níveis de ruído compatível com as atividades humanas tem sido a principal componente do conforto acústico em ambientes. No entanto, a acústica arquitetônica vem se desenvolvendo no sentido de propiciar algo mais aos usuários de ambientes diversos – a qualidade sonora. Entende-se por qualidade sonora, um conjunto de atributos acústicos subjetivos que venham ao encontro às expectativas da experiência acústica do ouvinte (BISTAFA, 2003).

É importante que a acústica seja considerada uma das diretrizes mestras dos projetos e de sua execução. A harmonia das exigências acústicas com outros requisitos de conforto e de estética (PRADO, 1963). As propriedades e características do som, o comportamento das fachadas e a escolha e aplicação dos materiais de revestimento na parte interior e na estrutura (SILVA, 1971) são alguns exemplos de preocupações acústicas projetuais. Portanto, a concepção das salas é parte primordial quando se fala em acústica de salas (JOSSE, 1975). Estudos têm demonstrado que as propriedades do projeto arquitetônico são extremamente

importantes para assegurar a qualidade acústica dos espaços, principalmente características devido à geometria da sala.

A intervenção do acústico, depois de realizada a construção, além de não permitir soluções tão eficazes como as que se obtém no momento do projeto, encarece consideravelmente o orçamento das construções (DE MARCO, 1982). Porém, como citado anteriormente, ambientes que tiveram projeto especializado ainda são minoria.

Observa-se, que até mesmo os arquitetos e engenheiros têm a dificuldade de “traduzir” os dados obtidos em medições acústicas para aplicar em seus projetos. A falta de exemplos próximos que tenham sido levantados e que possam servir de material de base e estudo fez com que um dos propósitos desta pesquisa, seja desenvolver um documento de consulta para esses profissionais e auxiliar também, em possíveis reformas futuras nas salas. Analisar soluções de projeto para estes ambientes e verificar quais as possíveis variáveis da bibliografia existente que influenciam na boa e má qualidade acústica.

O objetivo central desta pesquisa de mestrado é obter da avaliação acústica dos teatros de Campinas informações de projeto e parâmetros acústicos que colaboram na qualidade acústica desses ambientes. Com esta finalidade, analisaram-se os principais parâmetros acústicos obtidos em algumas salas destinadas a apresentações teatrais, selecionadas e localizadas na cidade de Campinas, SP. A metodologia foi definida através de um pré-teste na sala In Touch.

O conhecimento da relação entre parâmetros objetivos e percepções subjetivas formam a base para qualquer intervenção em teatros existentes e para novos projetos (FARINA, 2001). Este projeto então, pretende inter-relacionar as salas estudadas de modo a contrastar os principais parâmetros que influenciam na compreensão da palavra falada: tempo de reverberação (TR), nível de pressão sonora (NPS), curvas NC (NC), nível de interferência na fala (SIL), clareza (C_{80}), definição (D_{50}), tempo de decaimento inicial (EDT), tempo central (T_s) e índice de transmissão da fala (STI), com aspectos arquitetônicos.

Este trabalho foi subdividido em quatro momentos. O primeiro engloba os capítulos 3, 4 e 5 que descrevem sobre avaliação de edificações, acústica de salas e técnica impulsiva; O segundo alude ao capítulo 6 que faz um estudo sobre dados da bibliografia especializada em relação às diretrizes de projeto; O terceiro refere-se ao capítulo 7 com a metodologia desta

dissertação. No último momento, os capítulos 8, 9 e 10 descrevem os resultados contendo as discussões e as conclusões.

2 Objetivos

2.1. Objetivo geral

O objetivo geral deste projeto é obter da avaliação acústica de salas destinadas a apresentações teatrais de Campinas informações de projeto e parâmetros acústicos que colaboram na qualidade acústica desses ambientes quanto à palavra falada.

2.2. Objetivos específicos

- Realizar um "inventário" sobre o desempenho acústico de algumas salas destinadas a apresentações teatrais de Campinas para a utilização no ensino de acústica em cursos de graduação e de profissionais;
- Avaliar o projeto arquitetônico caracterizando a influência do entorno, sua implantação e contexto, organização interna e funcionalidade dos espaços em relação à bibliografia especializada e dados das medições.

3 Avaliação de edificações

É fundamental que se pense na acústica logo no início do projeto. O arquiteto e o engenheiro devem estar atentos às características do som, tal como sua incidência nas diferentes partes da sala e nos diferentes tipos de materiais, para projetar de forma adequada e econômica.

Como observou Granado (2002), os arquitetos contratados para reformar as salas normalmente são pressionados pelas exigências de redução do prazo e do custo do projeto, além de restrições estruturais e de layout de uma edificação já pronta. A melhor maneira então de resolver problemas acústicos é evitá-los e não corrigi-los.

A importância de estudos que contemplam medições e análises in loco é cada vez maior, em especial nas regiões metropolitanas, cujos setores de comércio e serviços estão em crescimento intenso (ORNSTEIN, ANDRADE e LEITE, 2001). Estes estudos vêm crescendo no sentido de fornecer aos profissionais da área informações importantes no ato de projetar.

3.1 Avaliação Pós-Ocupação Acústica (APO Acústica)

A APO surgiu como um método que pudesse inserir a incógnita “ambiente” na equação indivíduo + comportamento, para ser um dos meios de se avaliar sistematicamente ambientes construídos e, também, para criar procedimentos que estimulem o desenvolvimento de propostas que visem o bem-estar do usuário (ORNSTEIN, 1992). Apresenta como princípio o fato de que edifícios e espaços postos em uso, qualquer que seja a função, devem estar em permanente avaliação, quer do ponto de vista construtivo e espacial, quer do ponto de vista de seus usuários (MESVEDOVSKI, 2005).

A APO Acústica gera subsídios para a formulação e aprimoramento de diretrizes, normas e regulamentos, bem como para o desenvolvimento de planos de gestão ambiental urbana que visem o controle do ruído em áreas habitadas, sendo de suma importância para o desenvolvimento sustentável das cidades e para a melhoria da qualidade de vida das gerações atuais e futuras. Pode ser entendida como um instrumento de avaliação do desempenho acústico dos ambientes, onde o avaliador emprega todos os métodos de que dispõe para tecer conclusões, diagnósticos e recomendações que permitam melhorar a sua qualidade acústica durante a fase de consumo (uso, operação e manutenção). Implica na atenção tanto aos aspectos observados e medidos in loco, ou analisados no projeto arquitetônico, quanto aos aspectos subjetivos verificados na avaliação comportamental (MACEDO e SLAMA, 2000).

Segundo Ornstein (1992), as metas de uma APO são: promover a ação (ou a intervenção) que propicie a melhoria de qualidade de vida daqueles que usam um dado ambiente e produzir informação na forma de banco de dados, gerar conhecimento sistematizado sobre o ambiente e as relações ambiente-comportamento.

Os resultados obtidos de diversas APOs Acústicas, uma vez confrontados, podem ser utilizados para a formulação de recomendações para projetos e planos de características semelhantes, objetivando propiciar a melhoria da qualidade acústica de edificações e áreas urbanas. De fato, a APO Acústica irá fornecer dados sobre o desempenho acústico de materiais, divisórias, comportamento do usuário, layout arquitetônico, forma, implantação, zoneamento, dentre outros, os quais poderão servir de diretrizes para a produção de edificações que atendam as expectativas psico-comportamentais dos usuários e o desenvolvimento de normas e planos de gestão ambiental urbana que levem em conta o controle da poluição sonora (MACEDO e SLAMA, 2000).

Estudos recentes como o de Soler (2004), que investigou o processo de projeto de auditórios de uso múltiplo, através de análises de projetos executivos, medições técnicas e questionários aos usuários para definir fatores que contribuam para a realização de ambientes adequados, facilitam o desenvolvimento de novos projetos. Em relação aos projetistas, em sua dissertação ela demonstra a importância da busca e da análise de projetos de tipologias semelhantes para alimentar o processo criativo e atualizar o conhecimento técnico e das tendências arquitetônicas.

Outro trabalho recente que contribui para a formação de repertório referencial é a tese de doutorado de Granado (2002) que fornece subsídios para projeto de salas para a palavra

falada em teatros de palco italiano, sendo motivado à pesquisa pela sua experiência profissional em projetos na área de acústica arquitetônica, no qual constatou que o conhecimento do arquiteto é, via de regra insuficiente, o que frequentemente resulta em concepções de projetos equivocados ou simplistas em relação ao desempenho acústico da edificação. Esta tese teve como objetivo prático a produção de um documento para consulta que ajude os arquitetos tomarem decisões básicas iniciais do projeto e das condicionantes acústicas.

4 Acústica de salas

O objetivo básico da acústica arquitetural é o controle das características físicas acústicas, tais como a reverberação, o isolamento do ruído e sua produção, a distribuição e a absorção do som, a riqueza da música e a inteligibilidade da fala (SILVA, 1983).

A acústica arquitetônica já é técnica fundamental obrigatória por lei, a ser utilizada nos projetos de edificações e planejamentos urbanos (SILVA, 1997) e lida com os sons internos e externos à edificação. Dentro desta existem duas ramificações: acústica de salas e acústica de edificações. O termo acústica de salas está associado ao projeto (estudo da forma, das características dos materiais aplicados e do layout) de um espaço fechado visando obter as melhores condições auditivas. Está relacionado com a propagação sonora dentro de um ambiente cujo objetivo é a preservação de sons desejáveis. O termo acústica de edificações lida com a propagação sonora entre salas. Enquanto que acústica de salas está fortemente ligada a qualidade sonora, acústica de edificações lida com os sons indesejáveis (NORSONIC, 2005).

O ruído vem recebendo um crescente reconhecimento como um de nossos problemas críticos de poluição ambiental. Assim como a poluição do ar e da água, a poluição sonora aumenta com a densidade de população. Em nossas áreas urbanas, isto é uma ameaça séria à qualidade de vida. Além disso, o ruído também priva-nos de sono e interfere na comunicação (FRASOM, 2005). É um fator contaminante muito antigo, que na atualidade, devido ao avanço industrial, crescimento das cidades e evolução do transporte está sempre presente. Assim, tem-se a necessidade de estudos dos problemas acústicos dos edifícios, com o objetivo de conseguir condições mínimas exigidas em qualidade acústica em seu interior, de acordo com o uso e atividade dos ocupantes (PEDRAZZI et al., 2001).

Existem vários meios de minimizar a influência do ruído durante a concepção do edifício quando não se pode inseri-lo em uma zona calma. Pode-se limitar o número de fachadas expostas, organizar o layout em função da localização das fontes de ruído ou, ainda agir sobre as fachadas concebendo fachadas pouco permeáveis ao ruído (MACEDO e SLAMA, 2000).

Um bom projeto acústico de um espaço deve manter uma boa inteligibilidade dos sons com suficiente intensidade, tempo de reverberação adequado, ser livre de ruídos estranhos e indesejáveis, promovendo sua redução e, além disso, contar com uma boa distribuição sonora (SILVA, 1983). A qualidade acústica é determinada pelas características dos materiais empregados nas diversas superfícies e pela forma e distribuição do layout. Devido a isso, o ouvinte percebe o som influenciado pela absorção, reflexão e difração.

Sempre com o objetivo de propiciar qualidade sonora, o arquiteto deve ter um cuidado especial na implantação e distribuição espacial dos espaços, para que os ruídos externos de ruas, avenidas, danceterias, bares, escolas, aeroportos, etc., não resultem num aumento do nível de pressão sonora do ambiente em questão.

A falta de qualidade acústica de um ambiente pode ser causada por ruídos externos e ruídos internos. Esses erros podem ser controlados pelo artifício do projeto acústico que pode melhorar a interferência na comunicação, a não satisfação do público e a fadiga dos atores. Normas e legislações mais restritas devem ser criadas para minimizar erros comuns e freqüentes, além da exigência dos acústicos para que as empresas de materiais realizem testes acústicos e forneçam os dados dos materiais.

É preciso uma reflexão maior por parte dos arquitetos e consultores em acústica no ato de concepção de novas salas, principalmente diante da necessidade de criação de ambientes flexíveis (VALADARES e VECCI, 2000). A crescente consciência pública da importância de um bom projeto acústico em edifícios de todos os tipos conduzirá para uma maior necessidade de especialistas acústicos e na maior ênfase em acústica no treinamento de arquitetos, engenheiros, e outros profissionais da construção (FRASOM, 2005).

4.1 Teatros – Análise e definição da tipologia de estudo

Esta pesquisa é destinada a estudar a acústica de salas destinadas a apresentações teatrais da cidade de Campinas. Apesar de não envolver questões específicas sobre estas edificações, é importante conceituar o termo Teatro para um melhor entendimento da tipologia em estudo.

O minidicionário Aurélio (FERREIRA, 1977) – Aurélio Buarque de Holanda Ferreira define teatro como:

“Um edifício onde se apresentam obras dramáticas, óperas, etc”.

O dicionário de Cambridge (CAMBRIDGE, 1996) - International Dictionary of English traduz a palavra Teatro como:

“Uma edificação, sala ou estrutura exterior com fileiras de assentos, onde cada fileira é usualmente mais alta que a da frente, para que as pessoas possam assistir uma atuação teatral ou outra atividade”.

Ou ainda a definição do dicionário Ilustrado de Arquitetura (BUDEN, 2006) de que teatro é “uma edificação ou estrutura externa dotada de palco e equipamentos associados para representação dramáticas ou musicais e de assentos para espectadores”.

Nas salas de teatros, onde o projeto acústico deve assegurar qualidade sonora, é necessário que o nível sonoro e o tempo de reverberação sejam adequados, pois a potência sonora da voz humana é limitada. Apresentações onde os espectadores têm dificuldade para acompanhar o desenrolar de uma peça nunca deixam boa impressão.

A escassez de teatros no Brasil favorece o surgimento de espaços de múltiplo uso, teoricamente capazes de acolher desde espetáculos dramáticos até orquestras. Na prática, a situação não é bem essa, pois as características físicas do espaço próprio para a fala não são as mesmas necessárias à música (CORBIOLI, 2002).

Há uma forte tendência para construções de salas de uso múltiplo devido ao grande crescimento das cidades em geral, com o intuito de melhorar os equipamentos culturais da

cidade, somado a idéia de economia de espaço e construção. Os projetos de auditórios de uso múltiplo têm se tornado cada vez mais presente nos programas arquitetônicos de clientes empresariais e institucionais. Esses espaços, usados para palestras, aulas, treinamentos e apresentações, são áreas nobres dentro do conjunto de espaços em que estão inseridos. Assim, o auditório deve, necessariamente, atender a questões técnicas, propiciar conforto ambiental ao usuário e apresentar qualidade estética (SOLER, 2004). Existem muitas estratégias para adaptar uma sala às diversas funções, como a utilização de painéis móveis que diminuem ou aumentam o volume da sala, cortinas retráteis, ou ainda placas giratórias com diferentes características de materiais. O problema é que este tipo de solução aumenta o custo da obra, sendo este um dos principais motivos para que nenhuma das salas avaliadas contenha algum tipo de adaptação para os diversos usos.

4.2 Normas acústicas e legislações

Os níveis excessivos de ruído, principalmente proveniente do tráfego veicular, estão incluídos entre os sujeitos ao controle da poluição ambiental. A normatização geral e o estabelecimento de padrões para o meio ambiente equilibrado são feitos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Estados e municípios podem suplementar essas normas, com leis específicas e estabelecendo novos padrões. Isso diz respeito não só ao número de decibels considerados suportáveis em uma vizinhança, mas à obrigatoriedade de construtoras usarem técnicas de isolamento acústico em novas edificações (CARNEIRO, 2001).

As legislações ambientais brasileiras, nos níveis federal, estadual e municipal, vêm enfatizando, nas últimas décadas, a necessidade da conservação do meio ambiente e, conseqüentemente, a melhora da qualidade de vida da população, ao estabelecerem normas, leis e regulamentações que buscam controlar as intervenções humanas (NAGEM, 2004).

Para o conforto acústico das edificações é muito importante na fase de projeto que os profissionais da área realizem uma pesquisa sobre as exigências das legislações e normas vigentes, como zoneamento, planos de desenvolvimento urbano da região, níveis sonoros aceitáveis, além de um levantamento local.

No Brasil, a maioria das normas existentes, relacionadas à acústica, se refere à poluição sonora, ao ruído ambiental. Quanto à qualidade acústica de recintos fechados, normas e legislações não abrangem muitos parâmetros.

As duas normas de maior interesse para avaliação sonora são as normas brasileiras da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), NBR 10151 (2000) – Avaliação do nível de ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade e NBR 10152 (1987) – Níveis de ruído para o conforto acústico, que estabelecem níveis aceitáveis de ruído em comunidades e em ambientes fechados, respectivamente.

Em particular, a NBR 10152 (1987) fixa as condições exigíveis para a avaliação da aceitabilidade do ruído ambiente num determinado recinto de uma edificação. Especifica os níveis máximos de ruído compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos.

A maioria das salas avaliadas exerce a função de múltiplo uso. Porém, como a pesquisa se destina a avaliação de salas para a palavra falada, optou-se pelos valores de níveis de pressão sonora global variando entre 30 a 40 dB(A) e os valores de NC variando entre 25 a 35. A tabela 4-1 indica esses intervalos.

Tabela 4-1. Nível de conforto em dB(A) e em NC, segundo a NBR 10152.

| Auditórios | dB(A) | NC |
|---|---------|---------|
| Salas de concertos, Teatros | 30 - 40 | 25 - 30 |
| Salas de conferências, Cinemas, Salas de uso múltiplo | 35 - 45 | 30 - 35 |

[Fonte: Adaptado da NBR 10152 (1987)]

O valor inferior do intervalo representa o nível sonoro para conforto, enquanto que o valor superior significa o nível sonoro aceitável para a finalidade. Níveis superiores aos estabelecidos nesta tabela são considerados de desconforto, mas não necessariamente implicam em risco de dano à saúde (NBR 10152, 1987).

Outra norma de interesse é a NBR 12179 (1992) – Tratamento acústico em recintos fechados, que fixa critérios fundamentais para execução de tratamentos acústicos. Esta norma

fornece tabelas com valores de isolamento acústico e coeficientes de absorção de diversos materiais, além de um gráfico com o tempo ótimo de reverberação para diversos usos.

Existem normas mais técnicas que prescrevem métodos de medição, como a norma da ABNT, MB-2958 – Reverberação – Análise do tempo de reverberação em auditórios (1988), utilizada para determinar os passos a serem seguidos em uma medição.

No âmbito municipal, o Código de Projetos e Execução de Obras e Edificações do município de Campinas, Lei Complementar nº 9 de dezembro de 2003, estabelece as diretrizes e procedimentos administrativos a serem obedecidos no licenciamento, fiscalização, projeto, execução e preservação de obras e edificações. Estabelece diretrizes para implantação, instalação de edificações, circulação, arejamento e insolação, entre outras (CAMPINAS, 2003). No que se refere aos projetos acústicos o código de obras não fornece nenhuma diretriz de projeto ou citação direta da norma brasileira NBR 10152. Os trechos que têm uma referência à acústica são muito genéricos e com livre interpretação. Um exemplo é prescrito a seguir: “Art. 89 - Os compartimentos e ambientes devem ser posicionados na edificação de forma a proporcionar conforto ambiental, térmico, acústico e proteção contra a umidade, obtidos pelo adequado dimensionamento do espaço e correto emprego dos materiais das paredes, cobertura, pavimento e aberturas, bem como das instalações e equipamentos”.

Referindo-se a poluição sonora, a Lei Municipal nº 2.516, de 16 junho de 1961, regulamentada pelo Decreto 5.441, de 30 de junho de 1978, dispõe sobre ruídos urbanos, localização e funcionamento de estabelecimentos incômodos, nocivos e perigosos, visando o bem-estar e o sossego público. A Lei discorre sobre as diretrizes básicas (CAMPINAS, 1961) e o decreto além das diretrizes, fornece os níveis sonoros máximos e a metodologia a ser aplicada nas medições (CAMPINAS, 1978).

5 Técnica Impulsiva

A resposta impulsiva (domínio do tempo) é um registro de pressão sonora em determinado ponto da sala, feito a partir do momento em que a sala é sonorizada com um impulso. Uma simples inspeção visual da resposta impulsiva revela o som direto, as primeiras reflexões, e as várias reflexões que atingem o observador logo após o som direto. O decaimento reverberante, conforme o exemplo do refletograma da figura 5-1, caracteriza o espaço acústico como um todo (BISTAFA, 2003).

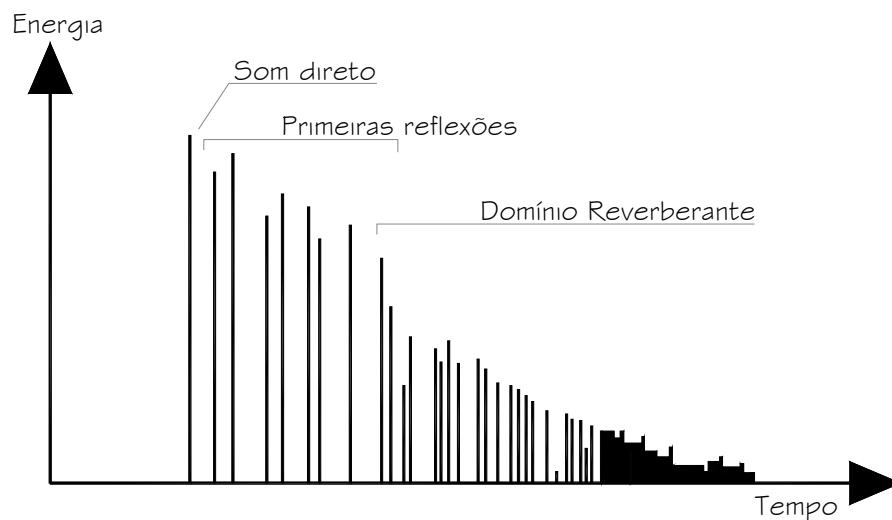


Figura 5-1. Refletograma.

[Fonte: adaptada de BERTOLI e GOMES (2005)]

Uma resposta impulsiva de um campo sonoro consiste então, no som direto somado a um grande número de reflexões e representa as características da transmissão de uma fonte

sonora para um ponto de observação (YAMASAKI, 1992). Sendo assim, para cada posição da fonte e de ouvintes há uma resposta diferente ao impulso.

Muitos objetos de medição acústica são boas aproximações de sistemas lineares e invariantes no tempo (LIT). Sistemas lineares são, por definição, aqueles nos quais a relação entre o sinal de entrada e o de saída obedecem a uma lei linear. Se essa relação se mantém constante ao longo do tempo, diz-se que o sistema é Linear e Invariante no Tempo. Se esse sistema é alimentado com um sinal de entrada, representado pela Função Delta de Dirac, um sinal de saída pode ser registrado através da resposta impulsiva (BERTOLI e GOMES, 2005).

O impulso matemático ou função delta de Dirac, nomeada depois do teórico e físico Paul A. M. Dirac, é infinitamente pequeno e tem como unidade, energia (BRÜEL & KJAER, 2003b).

Em princípio, qualquer técnica para obter a função de transferência (resposta impulsiva no domínio da frequência), fornece um sinal de banda larga (impulso, ruído e varreduras de seno) ao “dispositivo a ser ensaiado” e analisa a resposta de saída (MÜLLER e MASSARANI, 2002a). Assim sendo o software utilizado, Dirac – 7841 da Brüel & Kjaer, leva em conta tipos de sinais de excitação internos e externos. Os sinais externos podem ser obtidos através do uso de pistolas ou estouro de balões e os sinais internos serão apresentados a seguir.

a) Técnica de Correlação – Seqüências de Comprimento Máximo - “*Maximum Length Sequences*” (MLS)

Seqüências de Comprimento Máximo (MLS) são sinais binários pseudo-estocásticos que possuem uma função de autocorrelação muito próxima a uma seqüência de funções delta de Dirac. Por causa da periodicidade de uma MLS, a excitação de um sistema corresponde a multiplicação de sua Função de Transferência por um espectro discreto. Portanto, apenas os valores correspondentes àqueles sobre as linhas do espectro são conhecidos. As MLS se diferem de sinais estocásticos ou pseudo-estocásticos não periódicos. O comprimento da seqüência é tão grande que não se nota a periodicidade do sinal (BERTOLI e GOMES, 2005).

Nos anos 80, o uso de MLS se popularizou na área de acústica. A rapidez inédita, a alta resolução espectral e um amplo conjunto de ferramentas para o pós-processamento eram razões para o sucesso. A técnica de MLS contorna a grande desvantagem dos analisadores de dois canais e emprega um sinal de excitação determinístico se destacando pela facilidade da

geração e pela rapidez da obtenção da resposta impulsiva mediante a transformada rápida de Hadamard (FHT). Repetido periodicamente, o espectro das MLS é perfeitamente branco, o que significa que normalmente não é necessário fazer várias médias para obter um resultado confiável (MÜLLER e MASSARANI, 2002a).

Existem duas condições importantes durante a aplicação da técnica de medição com MLS, que são relevantes quando se usa impulso como sinal de excitação. A primeira é que o comprimento da seqüência deve ser suficientemente grande. A segunda condição necessária é que o sistema a ser medido esteja em regime vibratório (BERTOLI e GOMES, 2005).

b) Técnica de Deconvolução - Varredura de senos (sweeps)

Para a determinação de uma Função de Transferência é importante um conhecimento completo do comportamento do sistema. Portanto, é necessário não apenas medir a Função de Transferência para muitas frequências separadas, mas usar um sinal que passe por todas as frequências de forma contínua para que o sistema seja excitado sequencialmente em cada uma delas. Um sinal dessa natureza é chamado de Varredura de Senos. Conhecendo o sinal de entrada e o de saída, determina-se a Função de Transferência através da divisão do sinal de saída pelo de entrada (BERTOLI e GOMES, 2005).

As varreduras de senos (sweeps) comprovaram ser os sinais de excitação mais adequados para qualquer tipo de medição acústica. O uso deles em conjunto com a deconvolução no domínio de frequências à base da técnica da transformada rápida de Fourier (FFT) traz algumas vantagens consideráveis por alcançar a maior faixa dinâmica no menor tempo de medição. É completamente imune contra distorções harmônica e bastante insensível a variância no tempo (MÜLLER e MASSARANI, 2002a). A partir de uma só medição, não é somente possível de rejeitar toda distorção harmônica da resposta impulsiva, mas até de calcular o grau de distorção em função da frequência, independentemente para cada harmônica (MÜLLER e MASSARANI, 2002b).

São amplamente conhecidos dois tipos básicos de varreduras de senos: os lineares e os logarítmicos. No caso dos lineares, o aumento de frequência é constante no tempo, quer dizer em cada intervalo fixo de tempo, a frequência cresce pelo mesmo valor. As varreduras lineares exibem uma distribuição espectral branca e portanto têm pouca serventia em medições acústicas. No caso das varreduras logarítmicas, a frequência aumenta pela mesma fração de

oitava em cada intervalo fixo de tempo. Em outras palavras: o logarítmico da relação de duas frequências dividido pela diferença dos tempos em que ocorrem é uma constante. Varreduras logarítmicas têm um espectro rosa, quer dizer o espectro declina com 3 dB/oitava. Assim, toda oitava contém a mesma energia (MÜLLER e MASSARANI, 2002b).

5.1 Software para medições de acústica de salas - Dirac 7841 da Brüel & Kjaer

O Dirac é um software utilizado para medições de uma grande gama de parâmetros de acústica de salas de acordo com as normas ISO 3382 e IEC 60268-16. Baseado na medição e análise da resposta impulsiva, o DIRAC permite uma série de configurações (BRÜEL & KJAER, 2003b).

O programa possui uma configuração complexa, porém amigável, conforme a tela de medição indicada pela figura 5-2.

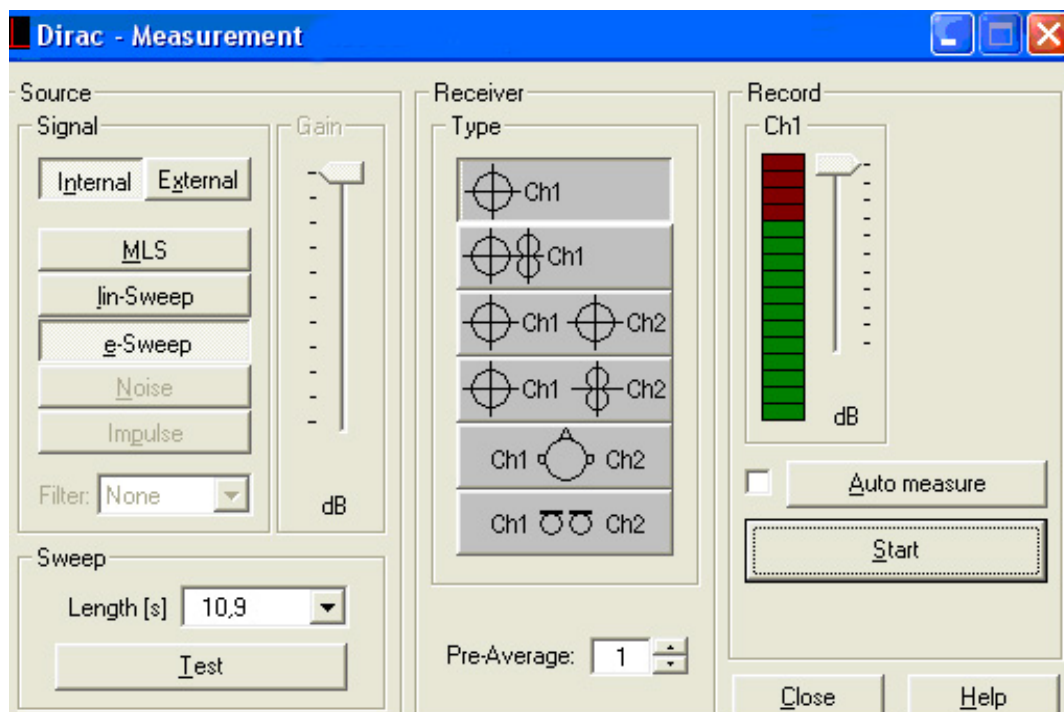


Figura 5-2. Tela de medição do DIRAC.

O software DIRAC deve ser instalado num computador, de preferência portátil para se adequar melhor às medições em campo, com uma placa de som adequada. O software envia o

signal escolhido para uma fonte sonora onidirecional passando pelo amplificador de potência. Este sinal é receptado por um microfone também onidirecional, posicionado nos diversos pontos de medições, que enviará o sinal de resposta novamente ao software, obtendo assim a Função de Transferência e consequentemente a resposta impulsiva, que pode ser apresentada de diversas maneiras, como os refletogramas da figura 5-3, que indicam os picos e a progressão de energia.

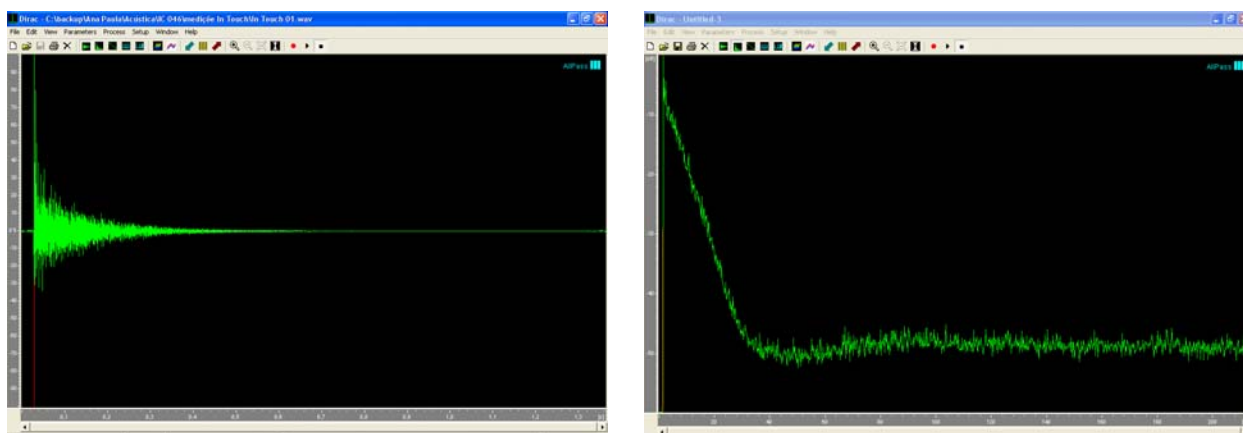


Figura 5-3. Refletograma.

Outro exemplo de visualização é a resposta impulsiva no domínio da frequência em escala linear ou ainda logarítmica, conforme figura 5-4.

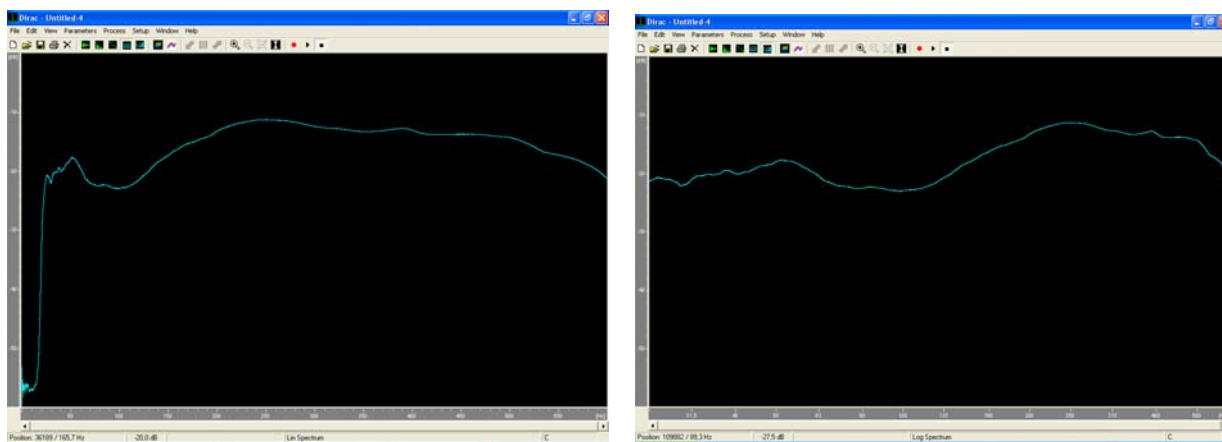


Figura 5-4. Resposta Impulsiva no domínio da frequência – “Lin Spectrum” e “Log Spectrum”.

Uma outra forma interessante para a análise dos resultados é a apresentação tridimensional da resposta impulsiva. Este tipo de apresentação, indicado pela figura 5-5, permite a observação geral do progresso espectral.

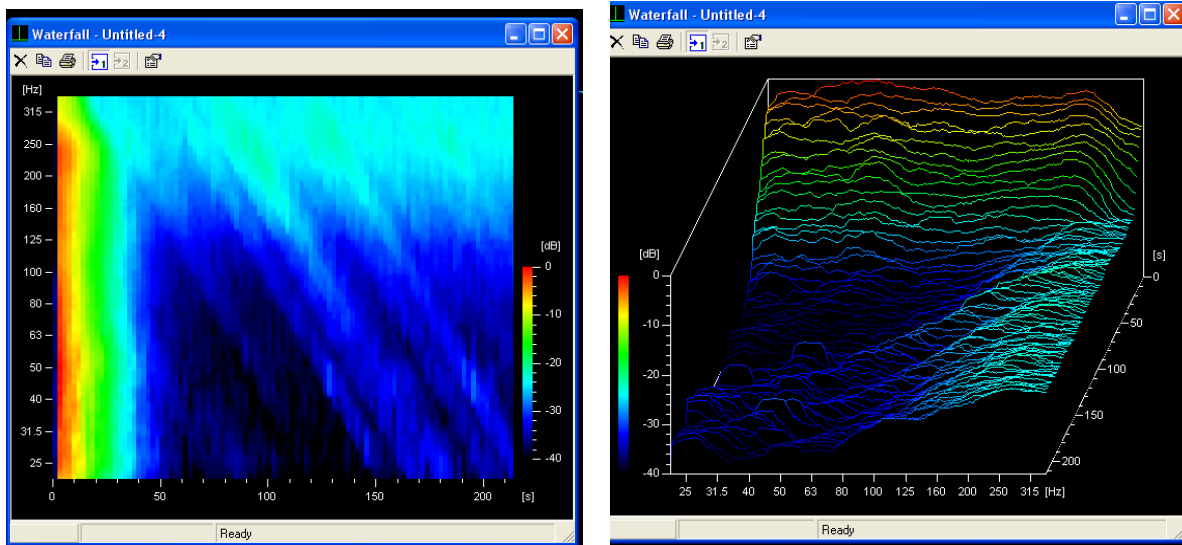


Figura 5-5. Spectrograma e Decaimento cumulativo do espectro em forma de cascata.

Com o software DIRAC também é possível gravar e ouvir a resposta impulsiva de uma sala, ajudando os profissionais da área, no “treinamento” dos ouvidos para avaliar as condições da acústica de salas.

Para o processo de medição, primeiramente é importante realizar medições-teste em cada sala analisada para avaliar e verificar qual opção fornece o melhor sinal impulso ruído. As medições são mais precisas e reproduzíveis com o uso de sinais internos como as MLS ou ainda a varredura de senos, porém também podem ser realizadas com sinais externos de excitação. Cada método possui suas vantagens e desvantagens (BRÜEL & KJAER, 2003c).

O software DIRAC também possibilita a análise da inteligibilidade da palavra falada para voz feminina e masculina, de acordo com a norma IEC 60268-16 (2003).

Como a inteligibilidade da fala também pode ser reduzida pelo nível de ruído de fundo, o software permite, através de gravações de sinais externos, gravar o nível de ruído de fundo de uma sala e mixar o arquivo da resposta impulsiva ao arquivo gravado do ruído de fundo. Outro fator que influencia na inteligibilidade é o nível sonoro da fonte. Assim, deve-se calibrar o nível

da fala para fornecer a simulação correta do nível sonoro a ser emitido pela fonte onidirecional, assemelhando-se ao nível real da fala.

Através da resposta impulsiva obtida com o uso do software DIRAC, foram escolhidos três grupos de parâmetros acústicos: Tempo de reverberação (EDT e TR), Relação Energia (C_{80} , D_{50} e T_s) e Inteligibilidade da fala (STI), sendo descritos no item a seguir.

5.2 Descritores de acústica de salas

Tempo de reverberação (TR) e nível de pressão sonora (NPS) são índices básicos para a avaliação da adequação acústica de determinado espaço para a palavra falada (GRANADO, 2002), porém, novas formas de qualificação, têm sido identificadas como altamente relevantes (VIVEIROS, 1995).

Parâmetros acústicos que estão relacionados ao julgamento subjetivo de conforto, como o índice de transmissão da fala (STI), também são importantes para avaliar a validade das medições e analisar com melhor precisão a acústica de salas destinadas a apresentações teatrais, formando uma base de informações para novos projetos.

5.2.1 Tempo de Reverberação (TR)

Reverberação, uma diminuição exponencial dos modos vibracionais excitados inicialmente, é uma das mais importantes grandezas da Acústica de Salas (BERTOLI e GOMES, 2005). Está presente em todas as salas e afeta os sinais transmitidos, tanto na fala quanto na música (KUTTRUFF, 2000).

Quando uma fonte gera som dentro de uma sala, a intensidade sonora cresce rapidamente com a chegada do som direto e continuará crescendo com as reflexões indiretas que começam a contribuir para o nível sonoro total. Se uma fonte sonora é repentinamente desligada, a intensidade sonora não desaparecerá de repente, mas vai enfraquecendo gradualmente. Este decaimento de energia sonora ocorre em função da forma da sala e a quantidade e localização dos materiais absorventes, e é conhecido como reverberação (MARSH,

2004). Pode ser entendido como a persistência do som em um espaço fechado, resultante das múltiplas reflexões destes sons nas paredes e pertences da sala (SILVA, 1983).

Como definição, o tempo de reverberação é o tempo necessário para que o nível de pressão sonora caia de 60 dB dentro de um ambiente, depois de desligada a fonte (BARBOSA e ROLLA, 1993). É uma importante medida da qualidade acústica e inteligibilidade dos ambientes (SILVA, 1983).

Os trabalhos sobre reverberação foram iniciados por Wallace C. Sabine que demonstrou experimentalmente e em forma teórica a relação que liga o tempo de reverberação com as características locais (DE MARCO, 1982). O cálculo pode ser feito através da equação:

$$TR = \frac{0,161 \cdot V}{A} \text{ (s)} \quad (\text{Eq. 5-1})$$

Onde:

TR = Tempo de reverberação (s)

V = Volume da sala (m³)

A = Absorção da sala (sábins métricos)

A fórmula de Sabine tem algumas restrições, falha quando a sala possui uma absorção muito grande. Posteriormente a equação de Eyring formula uma nova equação com algumas correções, indicada para salas mortas. Muito mais precisa, a equação de Millington e Sette leva em conta os coeficientes de absorção para cada frequência.

Segundo Viveiros (1995), o tempo de reverberação é considerado o parâmetro mais relevante na avaliação acústica de uma sala, apesar de que novas formas de qualificação têm sido identificadas como altamente relevantes.

Para avaliar o tempo de reverberação de uma sala estabeleceu-se uma relação entre este e o tempo ótimo de reverberação que é determinado pelo uso e volume da sala. É muito útil na hora de projetar e adequar a acústica de salas, pois demonstra qual o melhor volume para determinado tempo de reverberação e cria uma relação entre a quantidade de absorção nas superfícies internas e o volume. A figura 5-6 mostra, para a frequência de 500 Hz, o tempo ótimo de reverberação (TR₅₀₀) adequado para alguns tipos de salas.

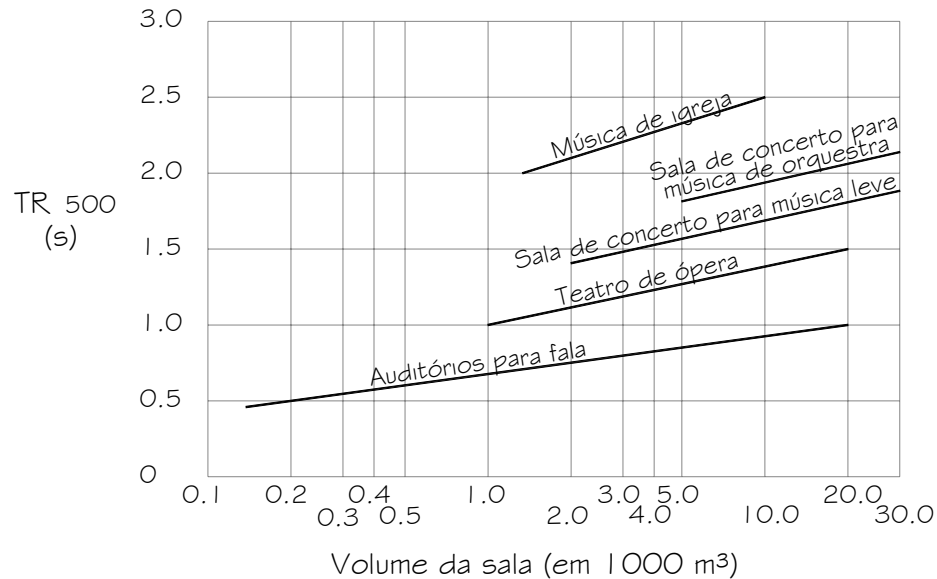


Figura 5-6. Tempo ótimo de reverberação para várias atividades na frequência de 500 Hz.

[Fonte: adaptada de MEHTA, JOHNSON e ROCAFORT (1999)]

5.2.2 Nível de Pressão Sonora (NPS)

Em todos os ambientes existe sempre um certo ruído de fundo que é fortemente influenciado pelo uso da sala devido ao ruído produzido por algumas atividades e dependendo de seu nível pode mascarar algumas palavras e prejudicar a inteligibilidade da fala.

O ruído de fundo ou nível sonoro do ambiente num espaço é um elemento extremamente importante do meio ambiente acústico (CAVANAUGH, 1999) e é dado pelo nível de pressão sonora, que é simplesmente uma representação logarítmica de pressão sonora (MEHTA, JOHNSON e ROCAFORT, 1999).

O nível sonoro numa edificação se deve à combinação de duas fontes: ruído interior, produzido dentro da edificação, e ruído exterior. A fonte principal de ruído interior é o uso e a ocupação da edificação. O ruído exterior consiste principalmente em ruído de tráfego e equipamentos externos de ar condicionado (MEHTA, JOHNSON e ROCAFORT, 1999).

Os ruídos, assim como os sons, possuem componentes em frequências e essa composição dos sons pode ser visualizada através de um espectro sonoro, que indica o nível de pressão sonora em função da frequência.

Os sons em altas freqüências (>2000 Hz) geralmente incomodam mais que os sons em média ou baixas freqüências porque o ouvido humano é menos sensível às baixas freqüências (MEHTA, JOHNSON e ROCAFORT, 1999). A curva de ponderação em freqüência A corrige o nível de pressão sonora em dB levando em consideração a capacidade de audição do ouvido em dB(A).

5.2.3 Curvas de avaliação de ruído (Noise Criterion Curves - NC)

As curvas de NC foram publicadas primeiramente por Beranek em 1957 (TOCCI, 2000). Foram baseadas nas curvas de audibilidade do ouvido humano, que tende atenuar as baixas freqüências e amplificar as altas e são utilizadas para avaliar, com um único valor, o nível de pressão sonora de um determinado ambiente, levando em consideração possíveis picos em algumas freqüências. A figura 5-7 apresenta o conjunto de curvas NC e a tabela 5-1 indica os valores de Nível de Pressão Sonora (NPS) em função da freqüência para cada curva NC.

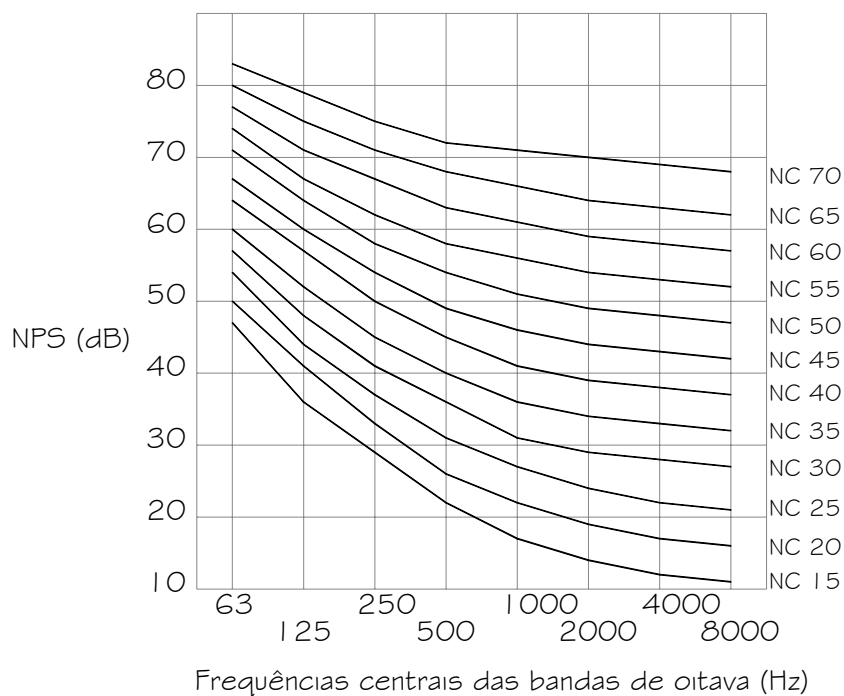


Figura 5-7. Valores das curvas NC em bandas de 1/1 oitava

[Fonte: adaptada da NBR 10152 (1987)]

Tabela 5-1. Níveis de pressão sonora em dB correspondentes às curvas de avaliação (NC)

| Curva | 63 Hz dB | 125 Hz dB | 250 Hz dB | 500 Hz dB | 1000 Hz dB | 2000 Hz dB | 4000 Hz dB | 8000 Hz dB |
|-------|-------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 15 | 47 | 36 | 29 | 22 | 17 | 14 | 12 | 11 |
| 20 | 50 | 41 | 33 | 26 | 22 | 19 | 17 | 16 |
| 25 | 54 | 44 | 37 | 31 | 27 | 24 | 22 | 21 |
| 30 | 57 | 48 | 41 | 36 | 31 | 29 | 28 | 27 |
| 35 | 60 | 52 | 45 | 40 | 36 | 34 | 33 | 32 |
| 40 | 64 | 57 | 50 | 45 | 41 | 39 | 38 | 37 |
| 45 | 67 | 60 | 54 | 49 | 46 | 44 | 43 | 42 |
| 50 | 71 | 64 | 58 | 54 | 51 | 49 | 48 | 47 |
| 55 | 74 | 67 | 62 | 58 | 56 | 54 | 53 | 52 |
| 60 | 77 | 71 | 67 | 63 | 61 | 59 | 58 | 57 |
| 65 | 80 | 75 | 71 | 68 | 66 | 64 | 63 | 62 |
| 70 | 83 | 79 | 75 | 72 | 71 | 70 | 69 | 68 |

[Fonte: adaptada da NBR 10152 (1987)]

Para determinar o valor de NC de uma determinada sala, deve-se medir o nível de pressão sonora em dB para as frequências de banda de 1/1 oitava entre 63 e 8000 Hz e analisar qual a 1ª curva que sobrepõem os níveis em função das frequências.

Os valores de NC são indicados na norma brasileira, NBR 10152 (1987) como um índice para indicar o nível de conforto de salas para diversos usos concentrando os valores entre 25 a 30. O valor inferior representa o nível sonoro para conforto e o valor superior o nível sonoro aceitável para a finalidade.

5.2.4 Nível de Interferência na fala (Speech Interference Level – SIL)

A comunicação através da fala é uma das atividades mais críticas na maioria dos espaços (MEHTA, JOHNSON e ROCAFORT, 1999). Por isso, o nível de interferência na fala (SIL) é importante parâmetro para determinar qual o grau de interferência do nível de pressão sonora de um determinado espaço na comunicação.

O SIL é calculado pela média aritmética, conforme equação 5-2, do nível de pressão sonora nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz e deve ser relacionado com a distância orador – ouvinte.

$$SIL = \frac{NPS_{500} + NPS_{1000} + NPS_{2000} + NPS_{4000}}{4}$$

(Eq. 5-2)

4

O gráfico da figura 5-8 relaciona o nível de interferência na fala com a distância orador – ouvinte para a comunicação através da fala, determinando o tom de voz necessário para um bom entendimento. Quando o orador for do sexo feminino deve-se subtrair 4 dB do SIL (MEHTA, JOHNSON e ROCAFORT, 1999).

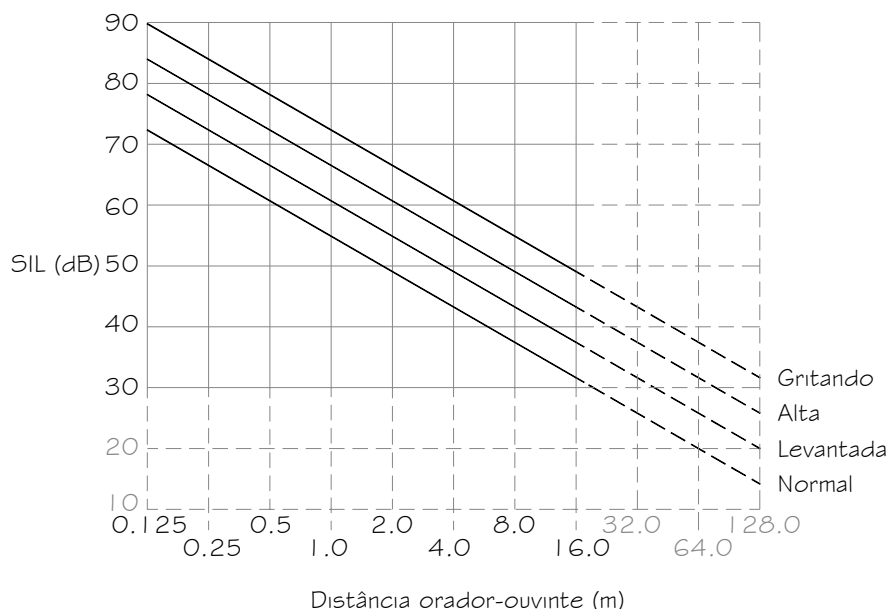


Figura 5-8. Níveis de interferência na fala em função das distâncias de duas pessoas

[Fonte: adaptada de MEHTA, JOHNSON e ROCAFORT (1999)]

A parte pontilhada do gráfico é um prolongamento do gráfico proposto por Mehta, Johnson e Rocafort (1999), para alcançar os níveis sonoros baixos encontrados nas salas estudadas.

5.2.5 Tempo de Decaimento Inicial (Early Decay Time – EDT)

O tempo de decaimento inicial está principalmente ligado à quantidade de absorção existente na sala, assim como também é influenciado pela difusão dos materiais. O comportamento inicial da curva de decaimento de uma sala é condicionante da qualidade acústica (VIVEIROS, 1995). Caracteriza a parte inicial da curva de decaimento energético, e correlaciona-se com a impressão subjetiva de como o sinal transmitido parece ser modificado

pela reverberação da sala (BISTAFA, 2003). É obtido do intervalo, entre 0 dB e 10 dB, da curva de decaimento abaixo do nível inicial, proporcional a 60dB, conforme indicado na figura 5-9.

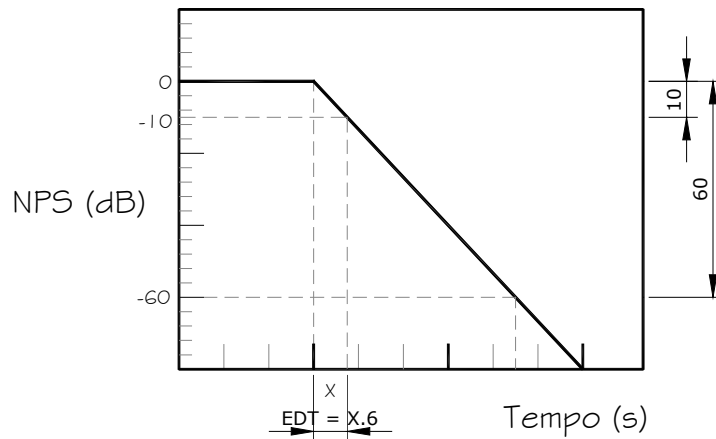


Figura 5-9. EDT

Segundo Granado (2002), a média, nas frequências de 500, 1000 e 2000 Hz, dos valores de EDT recomendados para teatros, deve ser menor que 1 segundo.

Conforme Ribeiro (2002), para salas de conferências os valores médios de EDT devem estar entre 0,648 e 0,81s. Apesar desta pesquisa se destinar a avaliar salas para apresentações teatrais, considerou-se o uso da palavra falada nos dois casos.

5.2.6 Tempo Central (Ts)

O tempo central caracteriza de certa forma a duração da resposta impulsiva e, portanto trata-se de uma medida do grau de interferência da sala no sinal (BISTAFA, 2003). Valores muito altos para o tempo central indicam uma baixa clareza sonora (YILI et al., 2003). É calculado segundo a expressão:

$$T_s = 10 \log \frac{\int_0^{\infty} t \cdot p^2(t) dt}{\int_0^{\infty} p^2(t) dt}, \text{ em ms} \quad (\text{Eq. 5-3})$$

onde $p(t)$ é a pressão sonora instantânea na resposta impulsiva da sala.

Para salas de conferências, o valor recomendado deve ser abaixo de 80 ms (RIBEIRO, 2002).

5.2.7 Clareza (C_{80})

É a razão da energia que atingem o ouvinte em até 80ms (reflexões úteis) pela energia total, dada em dB. As reflexões úteis são aquelas que atingem o ouvinte até 80 ms após o som direto. Tem sido usada para avaliar salas destinadas a apresentações musicais e é calculada segundo a expressão:

$$C = 10 \log \frac{\int_0^{80\text{ms}} p^2(t) dt}{\int_0^{\infty} p^2(t) dt}, \text{ em dB} \quad (\text{Eq. 5-4})$$

O valor recomendado do parâmetro clareza para pequenos auditórios deve ser acima de 6 dB (GOMES, RIBEIRO e AQUINO, 2004).

5.2.8 Definição (D_{50})

É a razão entre a energia total e a energia inicial sonora. São as reflexões úteis que atingem o ouvinte até 50 ms após a chegada do som direto, somando-se ao som direto. Relaciona-se com a inteligibilidade da fala, sendo calculada segundo a expressão:

$$D = 10 \log \frac{\int_0^{50\text{ms}} p^2(t) dt}{\int_0^{\infty} p^2(t) dt} \quad (\text{Eq. 5-5})$$

Para pequenos auditórios, o valor recomendado por Gomes, Ribeiro e Aquino (2004) devem ser para todas as freqüências, maiores que 0,65 segundos, assim como Ribeiro (2002) recomenda também este valor para salas de conferências.

5.2.9 Índice de Transmissão da fala (Speech Transmission Index – STI)

O índice de transmissão da fala (STI) é o parâmetro de inteligibilidade da fala mais importante no uso do software DIRAC (BRÜEL & KJAER, 2003a).

Segundo Oiticica, Duarte e Silva (2003), o estudo da comunicação entre as pessoas em um recinto é chamado de “inteligibilidade”. Existem vários meios de comunicação entre os indivíduos, porém, a fala é provavelmente o meio mais importante e eficiente. O conjunto de sons emitidos pelos humanos tem o objetivo principal de comunicar-se, por isso, a voz e a fala têm uma importância muito grande na inteligibilidade (SILVA, 1983).

A palavra falada consiste na mistura de sons ordenados, que apresentam certa periodicidade, e sons desordenados em que figuram muitíssimas frequências vizinhas, como nos ruídos (PRADO, 1963). As vogais são mais fortes (em média 12 dB) do que as consoantes, porém estas últimas contêm maior informação (GRANADO, 2002).

A energia contida nas consoantes é relativamente pequena, mas são as consoantes que fornecem a inteligibilidade na fala humana. Frequências abaixo de 500 Hz são insignificantes para a inteligibilidade da fala (MEHTA, JOHNSON e ROCAFORT, 1999).

A figura 5-10 representa a faixa de frequência associada à fala e a diferença espectral entre vogais e consoantes. As principais frequências para a inteligibilidade ficam compreendidas entre 500 e 3000 Hz (SILVA, 1983).

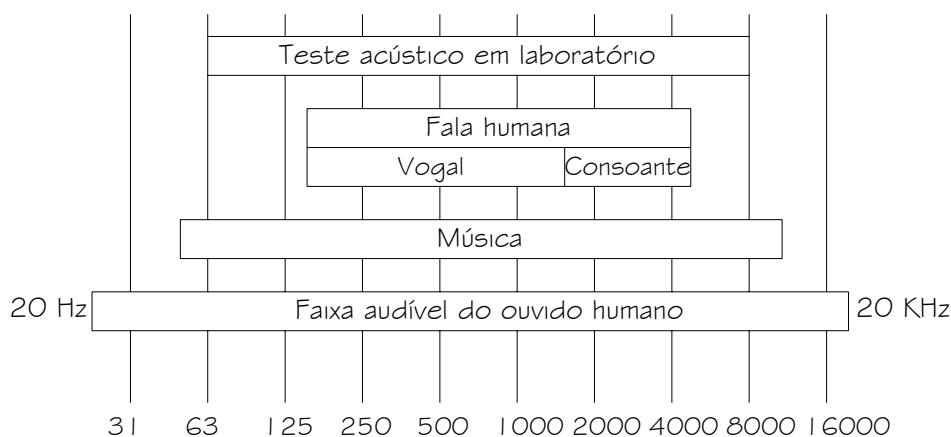


Figura 5-10. Faixa de frequência de teste acústico em laboratório, fala humana e música

[Fonte: adaptada de MEHTA, JOHNSON e ROCAFORT (1999)]

A palavra falada apresenta características específicas de comportamento em função do ambiente que lhe está dando suporte. Ela depende, entre outros aspectos, da potência da fonte, do tipo de emissão, da direcionalidade da fonte e, dessa forma, esse ambiente deverá fornecer condições adequadas para que ela seja audível e inteligível. Existe, portanto, um forte compromisso entre a palavra falada e o ambiente em que ela ocorre (GRANADO, 2002). A reverberação e ruído em excesso interferem na inteligibilidade da fala, resultando na redução do entendimento (SEEP, 2002).

Em salas para a palavra falada tais como as usadas para aulas, conferências e teatros, a qualidade acústica subjetiva mais importante é a inteligibilidade (GRANADO, 2002), característica a qual permite que o som da fala seja identificado e depois entendido. É um fundamental elemento da comunicação humana (ACOUSTIC ASSOCIATES, 2003) e pode ser avaliado através do parâmetro acústico índice de transmissão da fala (STI).

Nós raramente estamos expostos a apenas um som isolado. O ouvinte nunca se encontra em um ambiente livre de ruído (SILVA, 1983). O som ao qual estamos interessados normalmente ocorre junto com muitos outros. A recepção do som, e especialmente a inteligibilidade da fala, podem ser prejudicados ou mascarados (HASSALL, ZAVERI e PHIL 1988).

Mascaramento é a redução da habilidade de ouvir um som na presença de outros sons. Para uma determinada frequência, a diferença em dB entre o ruído de fundo e o limiar normal de audibilidade, é definido como grau de mascaramento (SILVA, 1983).

O mascaramento causa uma superposição de vibrações da membrana basilar, perturbando a sua percepção. Assim, faz-se necessário elevar o nível do som desejado para se obter sua percepção correta. O fenômeno se traduz fisicamente dizendo que o som "mascarante" eleva o limiar de audibilidade para o som "mascarado" (DE MARCO, 1982). Pode ser usado também como um artifício para esconder ruídos indesejáveis.

Assim, o ruído de fundo somado às características da sala, influenciam diretamente na inteligibilidade da palavra falada, onde a classificação das salas segundo os valores do índice de transmissão da fala (STI) permitem classificá-las conforme os valores da tabela 5-2.

Tabela 5-2. STI relacionado com a inteligibilidade da fala

| STI | Inteligibilidade da fala |
|-------------|--------------------------|
| 0.00 – 0.30 | Péssima |
| 0.30 – 0.45 | Ruim |
| 0.45 – 0.60 | Razoável |
| 0.60 – 0.75 | Boa |
| 0.75 – 1.00 | Excelente |

[Fonte: adaptada da Brüel & Kjaer (2003a)]

Os valores de STI são diferentes para fontes sonoras masculinas ou femininas. O STI masculino é medido usando um sinal de excitação com um padrão do espectro sonoro da voz em questão. O software DIRAC possui um filtro do sinal sonoro para a voz masculina, bem como para a voz feminina, que caracteriza o nível sonoro em função da frequência.

6 Bibliografia e diretrizes de projeto

O estudo das recomendações da bibliografia especializada é essencial para confrontar os parâmetros sugeridos com a avaliação obtida dos teatros da cidade de Campinas, analisar e posteriormente apresentar, com melhor precisão, os parâmetros que realmente interferem na qualidade acústica.

Para a análise da bibliografia utilizaram-se uma tese de doutorado e três livros existentes e utilizados como material de apoio em algumas Universidades, como Prado (1963), que apesar da configuração antiga, tem um conteúdo bastante rico sobre os aspectos do som e características de salas.

Egan (1988) prestou um tributo escrevendo seu livro, ao professor Robert B. Newman, um dos pioneiros da moderna acústica arquitetônica, que postulava a grande importância de ensinar a acústica aos futuros arquitetos de forma a valorizar a compreensão da integração entre soluções técnicas e formas, entre os princípios científicos e concepções artísticas e arquitetônicas. O livro aborda questões de interesse na condução da pesquisa, merecendo uma atenção especial, o capítulo 3, "Room Acoustics".

Um livro mais recente, como o de Mehta, Johnson e Rocafort (1999), continua abordando os aspectos tradicionais da acústica arquitetônica, mostrando estudos exaustivos das características acústicas de salas com usos e finalidades diferentes e descrições de inovações na área.

Recentemente, o trabalho de doutorado de Granado (2002), apresentou subsídios para projetos de salas para palavra falada, em teatros de palco italiano, abordando aspectos relevantes para uma boa inteligibilidade da fala. Compara os parâmetros objetivos recomendados para teatros com os índices encontrados através de suas medições realizadas em oito salas da cidade de São Paulo. O objetivo foi de fornecer aos profissionais da área

recomendações para projetos de salas, relatando subsídios em relação à forma, dimensões, visibilidade, isolamento, etc., além da sugestão de um roteiro básico para elaboração de projetos de salas para palavra falada, levando em conta as considerações para este tipo de projeto.

Neste capítulo é feita uma análise de diversos parâmetros indicados pelos autores estudados e para o entendimento do texto, considerar a legenda da tabela 6-1.

Tabela 6-1. Legenda para a análise comparativa

| Legenda | |
|---------|---|
| Ok | A bibliografia em questão recomenda este item |
| X | A bibliografia em questão não recomenda este item |
| - | A bibliografia em questão não menciona este item |

6.1 Geometria da sala

A geometria da sala tem uma relação direta com a qualidade acústica. Por isso é importante que o arquiteto tenha uma noção básica dos conceitos para aplicá-los no projeto em fase inicial. São aspectos importantes da geometria da sala, o paralelismo das paredes laterais, a forma da sala e a inclinação do teto. As análises dos autores são apresentadas na tabela 6-2.

Tabela 6-2. Geometria da sala

| | PRADO 1963 | EGAN 1988 | MEHTA 1999 | GRANADO 2002 |
|---|---|---|-------------------------------------|-------------------------|
| <i>Paredes laterais paralelas ou com pequena inclinação</i> | // não - somente com pequena inclinação | // não - somente com paredes reorientadas* | < 400 lugares | máx. 2º |
| <i>Planta em forma de leque</i> | Ok | 30º para teatros com proscênio (questões visuais) | 30º (> 400 lugares) 65º (limite) | X |
| <i>Inclinação adequada do teto</i> | Ok | Ok | Ok | Ok |

* Paredes reorientadas de modo a aumentar as reflexões úteis para as poltronas localizadas no meio e no fundo da sala.

A figura 6-1 mostra a angulação das paredes laterais, recomendado por alguns autores.

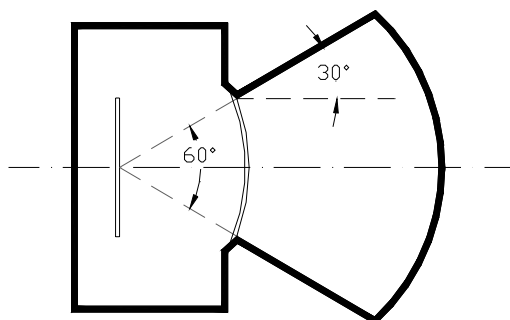


Figura 6-1. Planta esquemática - Inclinação das paredes laterais

Um teto plano convencional produz apenas uma imagem fonte, de onde parte uma reflexão divergente de onde se perde antes do primeiro ouvinte e para além do último (ROMANELLI, 1995).

6.2 Dimensões

O dimensionamento adequado de uma sala ou dos elementos que compõem o layout pode melhorar consideravelmente a acústica, o conforto e a visibilidade do público. São destaques os parâmetros altura do palco, área e volume por pessoa, espaçamento entre as fileiras e a distância máxima entre a extremidade do palco e a última fileira. Na tabela 6-3 são apresentadas as recomendações dos autores.

Tabela 6-3. Dimensões

| | PRADO 1963 | EGAN 1988 | MEHTA 1999 | GRANADO 2002 |
|---|---------------|---------------------------|--------------------------|--|
| <i>Altura do palco</i> | - | < 1,02m | ≤ 1,05m | < 1,10m |
| <i>Área por assento</i> | - | * | 0,55 a 0,7m ² | - |
| <i>Volume por assento</i> | - | 2,25 a 4,25m ³ | 2 a 5,7m ³ | 5 a 8m ³ |
| <i>Distância entre fileiras</i> | - | 0,91 a 1,02 m | 0,95 m | 1m |
| <i>Distância máxima entre a extremidade do palco e última fileira</i> | - | ≅ 27,4 m ** | 20 m ** | 20m – exig. visuais 30m – exig. acústicas |

* a bibliografia cita somente que as dimensões podem ser as menores possíveis, desde que garantam conforto e segurança.

** Egan (1988) e Mehta, Johnson e Rocafort (1999) também fazem referência às dimensões máximas para expressões faciais (12 m), gestos (20 m) e movimentos mais amplos (30 m).

6.3 Layout

A influência do espaço físico na forma de desenvolvimento das atividades mostra a importância de avaliar a qualidade dos ambientes construídos. Dentre os elementos físicos das organizações de trabalho, o layout corresponde à distribuição espacial de componentes dentro de um sistema e interfere na organização do trabalho, bem como nas relações interpessoais e na troca de informações (RIBEIRO e MORAES, 2003). Pode ser usado como um artifício para controlar ruídos externos e internos. Nas questões de layout destacam-se, o uso de balcões, inexistência de corredor central e existência de compartimentos ao redor da sala. Na tabela 6-4, estão indicadas as recomendações dos autores.

Tabela 6-4. Layout

| | PRADO 1963 | EGAN 1988 | MEHTA 1999 | GRANADO 2002 |
|--|------------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|
| <i>Uso de balcão para minimizar distância fonte-receptor</i> | somente cita dimensões | Ok | > 800 lugares | Ok |
| <i>Inexistência de corredor central</i> | - | - | - | Ok |
| <i>Existência de compartimento ao redor da sala</i> | - | Ok | Ok | Ok |

6.4 Materiais

Junto com a geometria da sala, os materiais garantem a correta distribuição sonora em toda a sala e contribui para minimizar efeitos acústicos ruins como o isolamento de impactos ou ainda reflexões tardias. As questões que se levantam são os tipos de materiais mais indicados para as paredes laterais, parede do fundo, piso dos corredores, piso do palco e o material aplicado no forro ou nas placas refletoras. Nas tabela 6-5 estão indicadas as recomendações dos autores.

Tabela 6-5. Materiais das paredes laterais

| | PRADO 1963 | EGAN 1988 | MEHTA 1999 | GRANADO 2002 |
|--|---|---|--|--|
| <i>Materiais das paredes laterais</i> | absorvido e difusor* | reflexivo ou difusor fundo - absorção | reflexivo fundo – absorção** | absorvido e perto do palco, reflexivo*** |
| <i>Materiais da parede do fundo</i> | para d>11m absorvido, difusor ou trabalhar formas* | absorvido, difusor ou trabalhar formas* | absorvido (>150 lugares) ou difusor (pequenos teatros) | para d>20m absorvido ou difusor |
| <i>Material do Piso dos corredores de circulação</i> | pisos atapetados (conforme trecho citado anteriormente) | carpete (menos na parte frontal) | carpete (menos na parte frontal e sob as poltronas) | carpete |
| <i>Tipo de piso Do palco</i> | - | - | piso flutuante de tábuas Madeira** | - |
| <i>Material do forro ou placas refletoras</i> | reflexivo | reflexivo | reflexivo | reflexivo |

* Prado (1963) não é muito direto nas recomendações do uso de materiais em diversas superfícies. Isto é demonstrado no trecho a seguir: “Nos recintos fechados, em nossos dias, os pisos atapetados (para abafar ruído de passos) não se prestam à reflexão. Nem tão pouco as paredes, que servem antes para produzir difusão e, também, para absorver o som, diminuindo o tempo de reverberação”.

** Mehta, Jonhson e Rocafort (1999) propõe o estudo das imagens da fonte para adequar os materiais nas paredes.

*** Granado (2002) indica que a aplicação de material absorvido é necessária em área adequada.

* Trabalhar formas de modo a direcionar sons úteis para as últimas fileiras ou para um piso absorvente no fundo da sala.

** Espaço de 20 mm ou mais

6.5 Visibilidade

A visibilidade aumenta a inteligibilidade da fala. Nos teatros principalmente, é importante para o espectador que veja os gestos e as expressões dos atores. Nesse sentido, verificar a curva de visibilidade dos espaços e promover a inclinação adequada da platéia são os aspectos importantes da visibilidade.

A figura 6-2 representa a curva de visibilidade. Na tabela 6-6 estão indicadas as recomendações dos autores.

Tabela 6-6. Visibilidade

| | PRADO 1963 | EGAN 1988 | MEHTA 1999 | GRANADO 2002 |
|------------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------------|
| <i>Curva de visibilidade</i> | - | Ok | Ok | Ok |
| <i>Inclinação da platéia</i> | - | > 7º | * | altura degraus: 15 a 20 cm |

* Somente cita a importância da inclinação da platéia, mas não revela os valores. Fornece uma fórmula para calcular a altura dos degraus a partir das linhas de visão e do posicionamento do ouvinte.

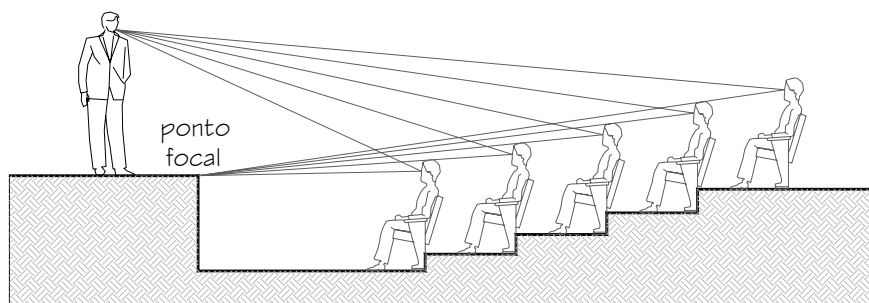


Figura 6-2. Curva de visibilidade

6.6 Parâmetros acústicos

Quanto aos parâmetros acústicos, foram escolhidos os três mais citados na literatura: ruído de fundo, NC e tempo ótimo de reverberação. Na tabela 6-7 são apresentadas as recomendações dos autores.

Tabela 6-7. Parâmetros acústicos

| | PRADO 1963 | EGAN 1988 | MEHTA 1999 | GRANADO 2002 |
|--|--|---|-----------------------------------|---|
| <i>Ruído de fundo</i> | 20 a 30 dB p/ 1000 Hz * | < 34 dB(A) ** | - | < 27dB p/ 1000 Hz |
| <i>NC</i> | - | máx. NC 25 | máx. NC 25 | máx. NC 25 |
| <i>Tempo ótimo de reverberação</i> | (***fórmula) e gráfico Tot X Volume 500Hz | (< 1,2) 250 a 4000 Hz e gráfico Tot X Volume média 500 e 1000 Hz | gráfico Tot X Volume 500 Hz | (0,7 a 1,0) média 500, 1000 e 2000 Hz |

* A bibliografia somente cita exemplos de níveis para algumas funções, dentre elas, auditórios e anfiteatros escolares.

** A bibliografia não cita a frequência ou faixa de frequência

*** $Tot = K \cdot \sqrt[3]{V}$, onde $K = 0,075$ s (Teatros)

7 Metodologia

Segundo Gil (2002), esta pesquisa científica é classificada com base em seus objetivos como exploratória no qual o objetivo principal é o aprimoramento de idéias e se enquadra a partir de seus procedimentos técnicos no delineamento de um Estudo de Caso, pois destina-se a analisar os dados obtidos através de medições acústicas em salas destinadas a apresentações teatrais da cidade de Campinas, para uma melhor compreensão e uso destes nos projetos arquitetônicos. Neste sentido adotamos o delineamento proposto por Gil (2002) para estabelecer os passos da metodologia deste trabalho.

Atualmente, existe uma grande quantidade de projetos equivocados em relação à acústica arquitetônica. Existe, por parte dos projetistas, uma grande dificuldade de interpretar os parâmetros acústicos fornecidos pela bibliografia existente, normalmente na língua inglesa, que são usados para projetar salas que necessitam de uma boa inteligibilidade da fala. Esse foi um dos fatores motivadores para o desenvolvimento desta pesquisa que pretende facilitar esta análise gerando informações de projetos e parâmetros acústicos que colaboram na qualidade acústica das salas focadas.

7.1 Definição da amostra

Num levantamento preliminar realizado na cidade de Campinas em 2004, existiam aproximadamente vinte espaços destinados a apresentações teatrais. Desse conjunto foram selecionadas oito salas. Como critério para a seleção, utilizou-se o tamanho das salas, selecionadas entre pequenas e médias, variando a ocupação de 130 a 338 lugares e a disponibilidade dos espaços para as medições, que necessitam ser realizadas em datas que as

salas estão vazias, no intervalo entre duas apresentações diferentes. Esse fator foi bastante limitante para o trabalho.

Outra dificuldade encontrada foi na coleta de materiais e informações. Muitas salas não possuem documentação arquivada. Em algumas houve necessidade de medições in loco para a digitalização de plantas e cortes.

Um dos objetivos desta pesquisa é criar um caderno de cada sala avaliada, contendo os resultados encontrados nas medições e uma apresentação da análise arquitetônica, para a coordenação. Essa atitude é considerada importante e essencial para que os responsáveis obtenham um retorno e um parecer sobre tudo que foi realizado nas salas, tornando as buscas de informações cada vez mais de fácil acesso por parte de donos ou responsáveis por estabelecimentos.

A Tabela 7-1 mostra o nome e a localização das 8 salas escolhidas e na Figura 7-1, observa-se a localização dos teatros numa região do mapa da cidade de Campinas que abrange as oito salas.

Tabela 7-1. Nome e localização dos Teatros selecionados

| Nº Teatro | Localização |
|---|---|
| 1 Sala In Touch (Centro de Comunicação e Arte) | Rua Antônio Augusto de Almeida, 517 Cidade Universitária |
| 2 Teatro Sotac | Rua Barão de Jaguará, 2 Centro |
| 3 Teatro SESC | Rua Dom José I, 270 Bonfim |
| 4 Teatro Evolução | Rua Regente Feijó, 1087 Centro |
| 5 Teatro Tim | Rodovia D. Pedro I – Shopping D. Pedro Entrada das Flores |
| 6 Teatro Escola Sia Santa | Rua Sebastião Paulino dos Santos, 32 Pq. Santa Bárbara |
| 7 Sala Cultura Inglesa | Rua Dr. Antônio da Costa Carvalho, 480 Cambuí |
| 8 Anfiteatro Dom Bosco (Liceu Salesiano) | Rua Baronesa Geraldo de Resende, 330 Jd. Nossa Senhora Auxiliadora |

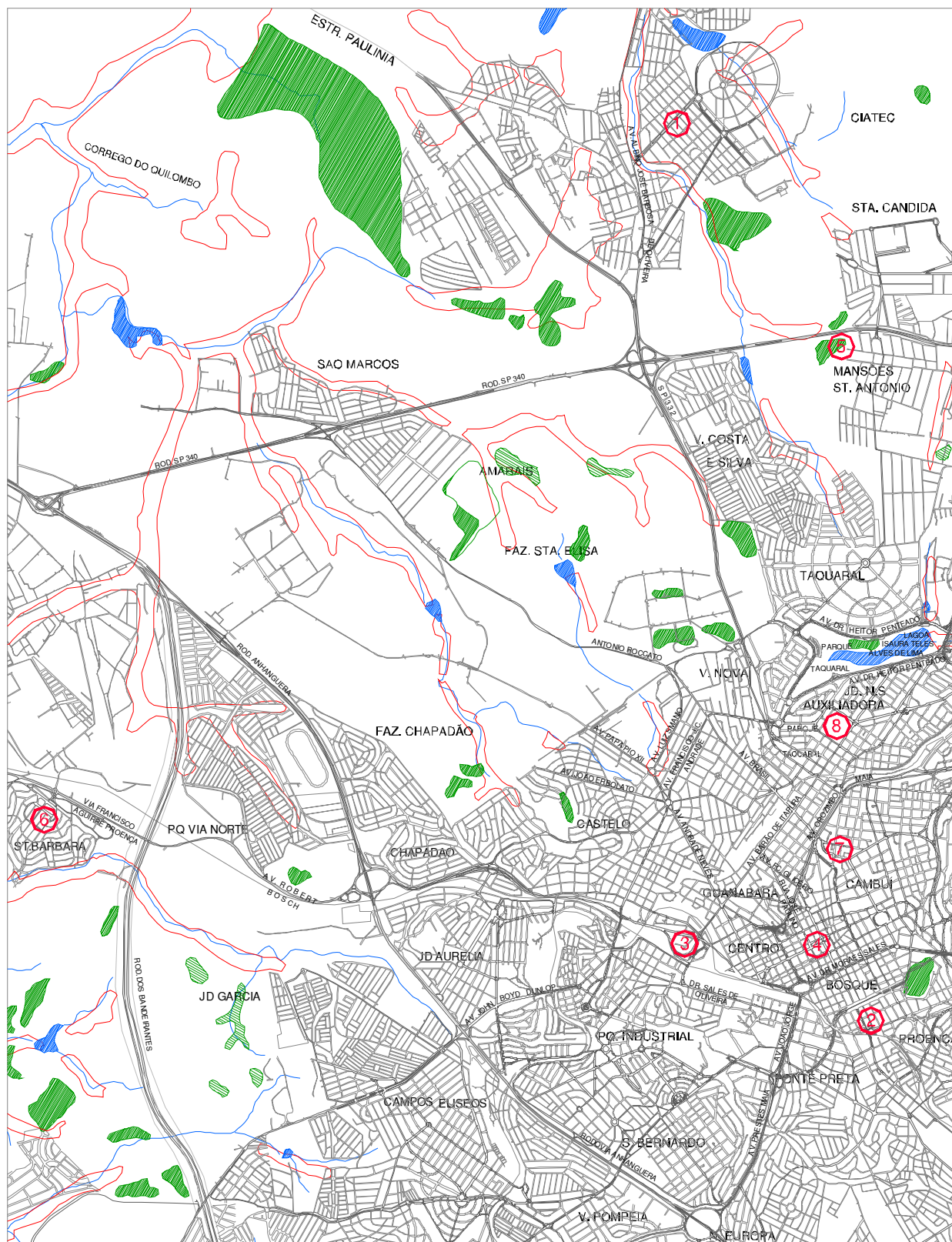


Figura 7-1. Mapa de parte da cidade de Campinas com a localização das salas selecionadas

7.2 Planilha de informações

Para auxiliar a coleta de dados sobre as edificações foi elaborada uma planilha (Apêndice A) para coletar informações sobre as datas e os locais de medição, número de poltronas, materiais construtivos empregados nas diferentes partes da sala e um croqui da planta do Teatro com as medidas (quando possível) e os pontos de medição. Os dados coletados contribuem para uma melhor compreensão do projeto arquitetônico, assim como a documentação fotográfica dos espaços.

7.3 Procedimento de medição

Como método de trabalho, a pesquisa utilizou-se de técnicas padronizadas de coleta de dados das avaliações objetivas, descrevendo características e qualidades acústicas das edificações selecionadas.

7.3.1 Medição objetiva

O método escolhido para as medições foi a técnica impulsiva, que analisa o interior das salas através de um sinal de excitação conhecido, produzido pelo software Dirac. O sistema de medição é composto pelo microfone integrado ao equipamento *Mediator 2238* da *Brüel & Kjaer (B&K)* para a captação dos sinais sonoros, uma *fonte sonora onidirecional, modelo 4296* da B&K, um *amplificador de potência, modelo 2716*, para gerar um sinal, um *microcomputador portátil Toshiba modelo Pentium M/Centrino*, o *software Dirac* e uma *placa de som externa Vxpocket da Digigram*. As medidas no geral foram realizadas com a fonte sonora localizada em duas posições, sendo uma sempre na parte central do palco a 1,5 m de profundidade e 1,5 m de altura.

A avaliação objetiva vem das análises dos dados da medição do nível de pressão sonora (NPS) em dB, dos espectros sonoros, tempo de reverberação (TR), tempo de decaimento inicial (EDT), tempo central (Ts), clareza (C_{80}), definição (D_{50}) e índice de transmissão da fala (STI).

O Dirac permite que o nível de pressão sonora seja captado através da gravação de uma fonte externa. Sendo assim, o ruído de fundo foi medido durante 10,9 segundos, analisando em tempo real as frequências selecionadas de 125 a 8000 Hz em bandas de 1/1 oitava. Os dados dos espectros possibilitam as predições do nível de interferência na fala (SIL), quando se

relaciona à distância fonte-receptor e também a classificação dos ambientes segundo as curvas de NC (Noise Criterion Curves), que indicam o nível de conforto de acordo com a norma NBR 10152 (1987).

Para as medições dos outros parâmetros, com exceção do índice de transmissão sonora (STI), foi usado de um sinal padrão, sweep logarítmico (cresce linearmente em função da frequência, enquanto a intensidade permanece constante), devido a melhor relação impulso sinal-ruído encontrada em alguns testes. O sinal foi emitido durante 10,9 segundos e apenas uma média foi realizada. Esse sinal passa pelo amplificador de potência e é emitido pela fonte sonora.

O índice de transmissão da fala foi medido com a fonte sonora posicionada na parte central do palco, conforme especificado nas plantas. Para a obtenção deste parâmetro é necessário usar a gravação do nível de ruído de fundo no interior das salas, mixando o arquivo da gravação com o arquivo da medição. Inicialmente grava-se com dois canais, durante 5,46 segundos, um locutor falando ao lado da fonte sonora. Essa gravação deve ser a base para o ajuste do volume emitido, reproduzindo o mesmo nível de pressão sonora da pessoa falando, com o ruído pseudo-aleatório de máximo comprimento (MLS), pois ao ser repetido apresenta uma densidade espectral de potência plana (espectro branco). Após este procedimento, a medição segue normalmente com dois canais, emitindo o sinal sonoro sweep linear por 5,46 segundos, 3 médias e a adição de um filtro para a voz, no caso feminina. No final da medição o arquivo do ruído de fundo é adicionado.

As posições dos pontos de medição foram distribuídas aleatoriamente nas salas e a quantidade de pontos de medidas variou de acordo com o tamanho de cada ambiente. O medidor de nível de pressão sonora deve ser colocado nas posições de medida a 1,20m de altura em relação ao piso.

A figura 7-2 apresenta os equipamentos que compõe o sistema de medição.



(1)



(2)



(3)



(4)



(5)



(6)

Figura 7-2. Mediator 2238 -1 e 2, amplificador – frente e trás - 3, fonte sonora - 4, placa de som – 5 (DIGIGRAM, 2006), microcomputador portátil – 6.

7.4 Análise dos resultados

O conjunto de dados obtidos dos espaços são organizados em itens que se dividem em: dados gerais, dados do projeto e dados das avaliações acústicas de cada sala avaliada. Os dados gerais contêm um pequeno histórico, uma ficha cadastral, os dados básicos e os materiais construtivos aplicados nas diversas regiões da sala. Nos dados projetuais, serão salientadas características da implantação e do projeto em si. Dados das avaliações acústicas serão separados por parâmetro objetivo, que consiste em: tempo de reverberação (TR), nível de pressão sonora (NPS), curvas de avaliação de ruído (NC), nível de interferência na fala (SIL), tempo central (Ts), clareza (C_{80}), definição (D_{50}), tempo de decaimento inicial (EDT) e índice de transmissão sonora (STI).

A análise dos dados não tem como objetivo listar os melhores espaços das referidas tipologias, mas simplesmente dar início a um “inventário” que acrescentará e salientará a qualidade dos teatros na cidade de Campinas, identificando quais as características construtivas e de projeto que colaboram para a qualidade dos diferentes espaços e mostrando sua significação e seu potencial gerador de desenvolvimento.

8 Resultados

Os dados foram obtidos por visitas ao local, entrevistas com os responsáveis por cada espaço e materiais de apoio, como fotografias, plantas e cortes. As questões de implantação foram levantadas pela autora da pesquisa.

Foram medidos os níveis de pressão sonora (NPS) em função da frequência, tempo de reverberação (TR), tempo de decaimento inicial (EDT), tempo central (Ts), clareza (C_{80}), definição (D_{50}) e índice de transmissão sonora (STI). Com os resultados do nível de pressão sonora (NPS) foram calculados os valores de SIL e a curva de avaliação de ruído NC. As medições nas salas foram realizadas nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2005.

A forma de apresentação de todas essas informações foi definida para manter um documento específico de cada teatro, onde posteriormente este será fornecido aos referidos estabelecimentos. A formatação é utilizada para a apresentação de todas as salas.

A sala In Touch está localizada perto da maior universidade de Campinas e possui uma estrutura para abrigar 200 pessoas. O teatro Sotac, localizado no centro de Campinas, possui uma sala para apresentações teatrais com capacidade para 230 pessoas. No local também funcionam cursos de iniciação teatral. Dentro das instalações do SESC Campinas, há um teatro com capacidade para 148 pessoas com o intuito de promover o bem-estar social e o desenvolvimento cultural. O teatro Evolução, com capacidade para 147 pessoas, está localizado dentro de um casarão no centro de Campinas projetado por Ramos de Azevedo no século XIX, hoje transformado em centro cultural. O teatro Tim com capacidade para 334 pessoas, teve projeto acústico especializado de um grande escritório da cidade de São Paulo. A localização do teatro é estratégica e une opções de compras, gastronomia e cultura.

O teatro Sia Santa é um espaço cultural, planejado para receber um total de 200 pessoas, que vem se dedicando a causa teatral no Brasil e é uma das mais importantes companhias de teatro profissional itinerante do país com reconhecimento de toda comunidade artística e cultural (SIA SANTA, 2005). O espaço cultural da escola de inglês Cultura Inglesa teve projeto acústico de um importante escritório da cidade de São Paulo em parceria com o projeto arquitetônico do escritório de Ricardo Badaró e foi projetado para abrigar 130 pessoas. O edifício da escola define sua presença na paisagem do bairro pela horizontalidade de sua forma, densa e pura (BADARÓ, 1997). O anfiteatro Dom Bosco da escola Liceu Salesiano Nossa Senhora Auxiliadora tem capacidade de 338 lugares e se destina principalmente às atividades dos alunos da escola. O Liceu caminha no sentido da maior co-responsabilidade entre Salesianos e Leigos, e a integração Escola-Família-Comunidade (LICEU SALESIANO NOSSA SENHORA AUXILIADORA, 2005).

No capítulo posterior são feitas as comparações dos dados tabulados e das características das salas, destacando os fatores que influenciam os parâmetros acústicos estudados.



Figura 8-1. Perspectiva do Centro de Comunicação e Artes

Rua Antônio Augusto de Almeida, 517
Cidade Universitária
Campinas – SP
13084-070

Telefone (19) 3289-3481
Fax: (19) 3289-9600
w w . intouch . art . br

8.1 SALA IN TOUCH

Centro de Comunicação e Artes

Em março de 1995 o In Touch Centro de Comunicações e Artes se instalou em sua sede própria e desde então vem expandindo suas atividades no sentido de se tornar um centro cultural e empresarial. Em junho de 2002 foi inaugurada a Sala In Touch, um complexo informatizado, equipado e composto de: anfiteatro para 200 pessoas com tratamento acústico, climatização e camarins (IN TOUCH, 2005).

FICHA

- **Área Construída (sala e apoio):** Aproximadamente 270 m²
- **Data do Projeto:** Dezembro 2001
- **Data de Conclusão da Obra:** Junho 2002
- **Arquitetura:** Claudete Brito
- **Assessoria Acústica:** C. Brito consultoria e projetos acústicos
- **Principais usos:** Teatro, dança, conferências, simpósios, apresentações musicais e exposições de artes plásticas

DADOS DA SALA

- **Volume:** Aproximadamente 730 m³
- **Largura:** 16,20 m
- **Comprimento Total:** 13,35 m
- **Altura Principal:** 3,60 m
- **Área do Palco:** 32,50 m²
- **Capacidade:** 200 pessoas
- **Volume por Assento:** 3,65m³

MATERIAIS CONSTRUTIVOS DA SALA

- **Piso:** Concreto com faixas em cerâmica
- **Piso do palco:** Madeira
- **Paredes laterais próximas ao palco:** Tijolo aparente e concreto pintado de branco
- **Paredes laterais:** Carpete e tijolo aparente
- **Parede fundo:** Tijolo aparente e concreto pintado de branco
- **Forro:** Gesso acartonado branco
- **Portas de acesso:** Madeira e vidro
- **Assentos:** Madeira e couro

8.1.1 – Parâmetros arquitetônicos

a) Implantação e Contexto

Localizada numa avenida entre as saídas das portarias 1 e 2 da principal universidade de Campinas, a UNICAMP, a sala In Touch se instala em uma esquina da Avenida Professor Atílio Martini, uma das principais do distrito de Barão Geraldo, com a Rua Antônio Augusto Almeida. Edificações comerciais, institucionais e principalmente residenciais se localizam em toda avenida que possui um grande canteiro central.

Esta avenida faz a ligação entre Barão Geraldo e a UNICAMP gerando assim, nos horários de chegada, almoço e saída da universidade, um intenso movimento de carros e ônibus que influenciam fortemente no aumento do ruído ambiental da região, que geralmente é tranqüila. Na figura 8-2 é possível visualizar o contexto da região na qual o teatro In Touch está inserido.

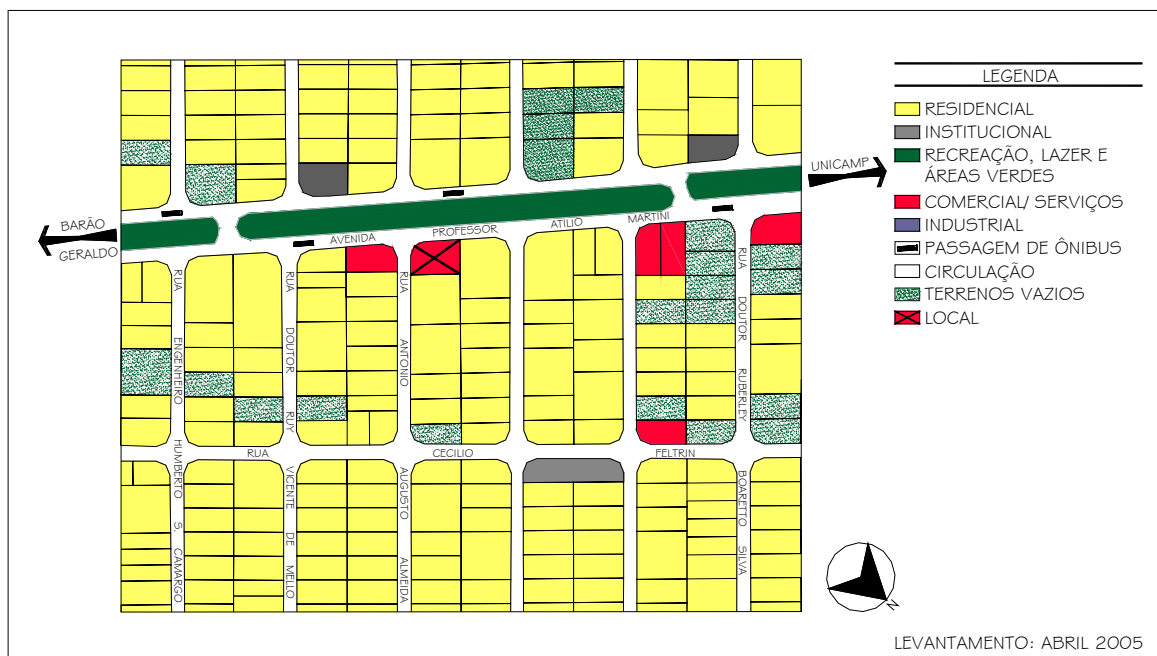


Figura 8-2. Mapa da região da sala In Touch

Residências de alto e médio padrão, térreas ou sobrados, são as tipologias predominantes que se distribuem entre as ruas locais e sossegadas da região.

A edificação analisada foi construída para abrigar uma escola de línguas e um centro cultural e tornou-se um grande empreendimento para a região de Campinas.

b) Projeto Arquitetônico – organização interna e funcionalidade dos espaços

A sala In Touch e o edifício o qual se insere foram projetados para a função que exercem atualmente: Centro de Comunicação e Artes.

A edificação revestida com tijolos aparentes se destaca entre a paisagem urbana. Paredes externas de 20 cm mostram a preocupação com o isolamento acústico, já que uma das fachadas está voltada para uma avenida de movimento onde passam muitos ônibus e carros.

Localizada dentro do In Touch Centro de Comunicação e Artes, a sala abriga uma estrutura para 200 pessoas possuindo palco e cadeiras móveis para dar uma maior flexibilidade ao espaço para os diversos usos. A figura 8-3 apresenta fotos do interior da sala.



Figura 8-3. Interior da Sala In Touch

Os espaços de apoio funcionam adequadamente para seus usos. Um pequeno foyer no andar superior do Centro dá acesso à sala In Touch, de planta simétrica e relativamente ortogonal, através de duas grandes portas em madeira e vidro.

Apesar da preocupação em criar alguns ambientes ao redor da sala para protegê-la dos ruídos externos (conforme figura 8-4), a presença das instalações sanitárias dos banheiros dos camarins e do hall nas paredes adjacentes é claramente percebida dentro da sala.

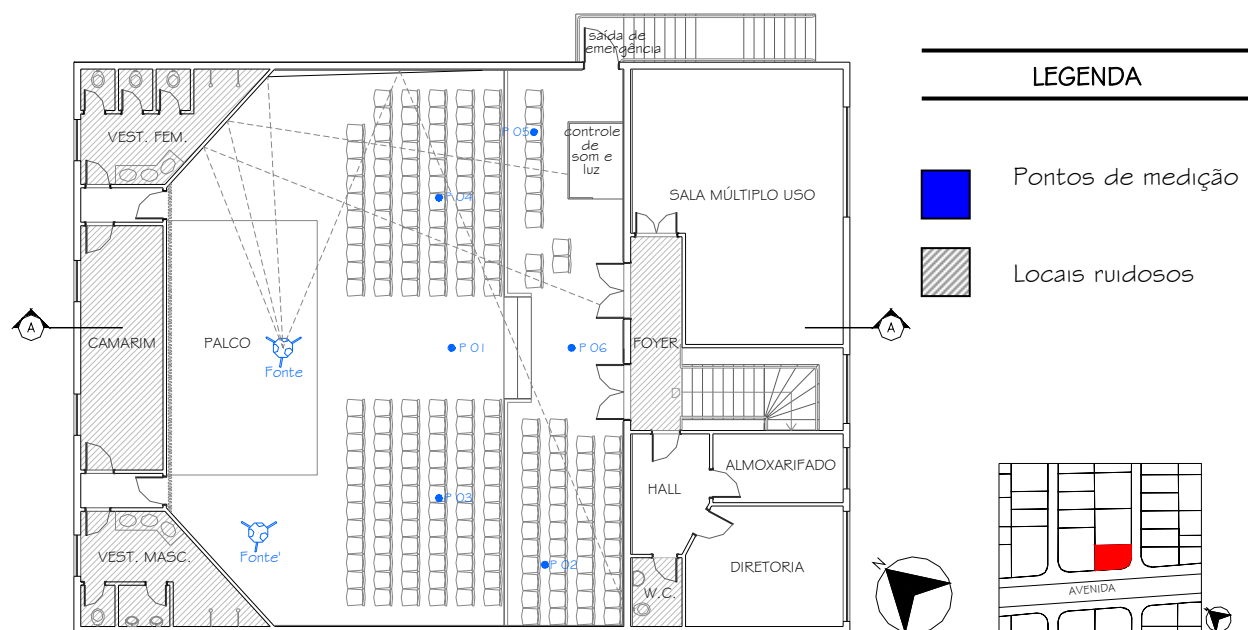


Figura 8-4. Planta do 2º pavimento – sem escala

Há muitos pontos positivos no projeto arquitetônico desta sala. Percebem-se soluções de projeto que ajudam a controlar o ruído exterior e interior, como a porta de saída de emergência, um possível ponto fraco no que se refere ao isolamento, foi localizada na “fachada mais silenciosa” e mais distante da avenida com maior movimento. As paredes de separação entre os ambientes externos à sala e a própria sala se prolongam até a estrutura das telhas recebendo neste encontro vedação de espuma de poliuretano expandido, para reduzir a transmissão sonora por rotas indiretas (flanking).

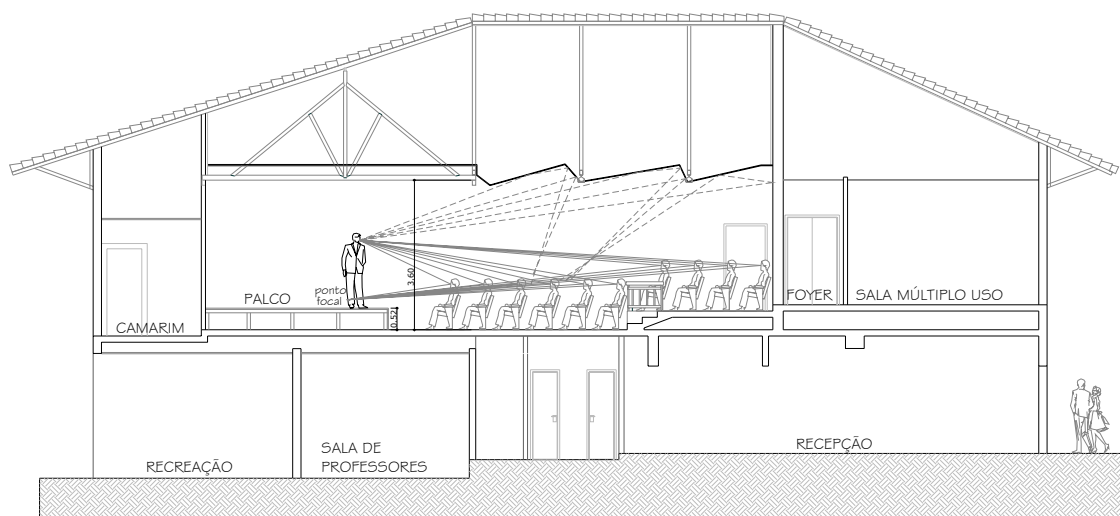


Figura 8-5. Corte AA – sem escala

As linhas de visibilidade indicadas na figura 8-5, mostram que a visibilidade é prejudicada pelo piso sem inclinação, e as últimas fileiras, se as poltronas forem localizadas uma atrás das outras, têm um prejuízo além da visibilidade, de audição. Além disso, a presença de um corredor central também prejudica a inteligibilidade, já que na parte central é a parte mais valorizada.

8.1.2 – Parâmetros Acústicos

a) Nível de Pressão Sonora – NPS (dB)

O ruído de fundo da sala foi medido e os resultados dos níveis de pressão sonora (NPS) em função da frequência estão apresentados na tabela 8-1. Segundo a norma brasileira NBR 10152 (1987), o nível sonoro de conforto para teatros refere-se à curva de NC 25 e o aceitável refere-se à curva NC 30. Na figura 8-6 estão indicados os valores de nível de pressão sonora (NPS) em função da frequência medidos e a comparação com os valores recomendados.

Tabela 8-1. Nível de Pressão Sonora da sala In Touch

| Frequência (Hz) | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| NPS (dB) | 15,7 | 20,4 | 19,5 | 19,3 | 19,4 | 15,6 | 11,5 |

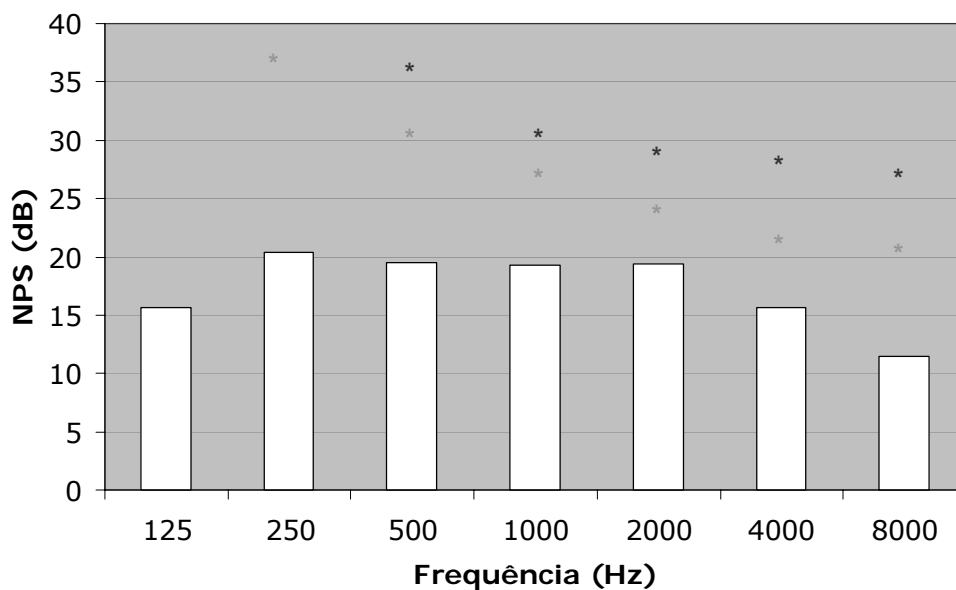


Figura 8-6. Espectro Sonoro da Sala In Touch

- * NC 25 – representa o nível sonoro para o conforto de teatros, segundo a NBR 10152.
- * NC 30 – representa o nível sonoro aceitável para a finalidade, segundo a NBR 10152.

O nível sonoro global em dB e dB(A) característicos do espectro medido é de 26,6 dB e 24,9 dB(A), respectivamente.

O nível global em dB(A) também é um parâmetro que a norma brasileira NBR 10152 (1987) indica para avaliar o conforto do ambiente. O resultado encontrado está de acordo com a recomendação da norma.

b) NC

A sala In Touch classifica-se na curva de avaliação de ruído (NC) como NC 25. Sendo assim, esta sala está de acordo com a norma NBR 10152 (1987), em relação ao nível de ruído de fundo.

c) SIL

O valor de SIL para a sala é de 18,4 dB. A interferência na fala, além do valor de SIL, depende também da distância entre fonte e receptor. Nas tabelas 8-2 e 8-3 estão indicadas as distâncias entre fonte, nas duas posições, e receptor na sala de acordo com a figura 8-4.

Tabela 8-2. Distância em planta (m) entre fonte e receptor (pontos analisados)

| Ponto 01 | Ponto 02 | Ponto 03 | Ponto 04 | Ponto 05 | Ponto 06 |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 4,90 | 9,90 | 6,30 | 6,30 | 9,65 | 8,40 |

Tabela 8-3. Distância em planta (m) entre fonte' e receptor (pontos analisados)

| Ponto 01 | Ponto 02 | Ponto 03 | Ponto 04 | Ponto 05 | Ponto 06 |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 7,80 | 8,40 | 5,35 | 11,05 | 14,15 | 10,60 |

A análise da distância entre a fonte e o ouvinte e o valor de SIL, foi realizada através de um prolongamento do gráfico do nível de interferência na fala – SIL (MEHTA, JOHNSON e ROCAFORT 1999), para níveis inferiores a 30 dB (valor mínimo fornecido pelo gráfico). O resultado demonstrou que um locutor pode falar num tom de voz normal que ele será ouvido com clareza no ponto mais distante da sala.

d) Tempo de Reverberação – TR (s)

O tempo de reverberação foi medido em função da frequência em seis pontos da sala para duas posições da fonte, conforme indicados na figura 8-4. Os valores medidos são apresentados nas tabelas 8-4 e 8-5 e nas figuras 8-7 e 8-8. Os gráficos permitem uma melhor visualização dos resultados.

Fonte localizada na parte central do palco, conforme figura 8-4.

Tabela 8-4. Tempo de Reverberação (s) nos 5 pontos analisados – Sala In Touch

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | Médias | Desvio padrão |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|----------------------|
| 125 | 0,98 | 0,93 | 0,85 | 1,00 | 0,94 | 0,90 | 0,93 | 0,05 |
| 250 | 0,85 | 0,90 | 0,92 | 0,97 | 0,92 | 1,02 | 0,93 | 0,05 |
| 500 | 0,87 | 0,88 | 0,87 | 0,90 | 0,90 | 0,98 | 0,90 | 0,04 |
| 1000 | 0,94 | 0,99 | 0,96 | 0,98 | 1,00 | 0,98 | 0,97 | 0,02 |
| 2000 | 0,95 | 0,99 | 0,95 | 0,96 | 0,95 | 0,95 | 0,96 | 0,01 |
| 4000 | 0,87 | 0,88 | 0,89 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,88 | 0,01 |
| 8000 | 0,70 | 0,72 | 0,69 | 0,71 | 0,71 | 0,71 | 0,70 | 0,01 |

Os resultados do gráfico da figura 8-7 indicam que na faixa de frequência entre 125 e 2000 Hz, o tempo de reverberação tem uma resposta quase plana em frequência, diminuindo para as frequências de 4000 e 8000 Hz.

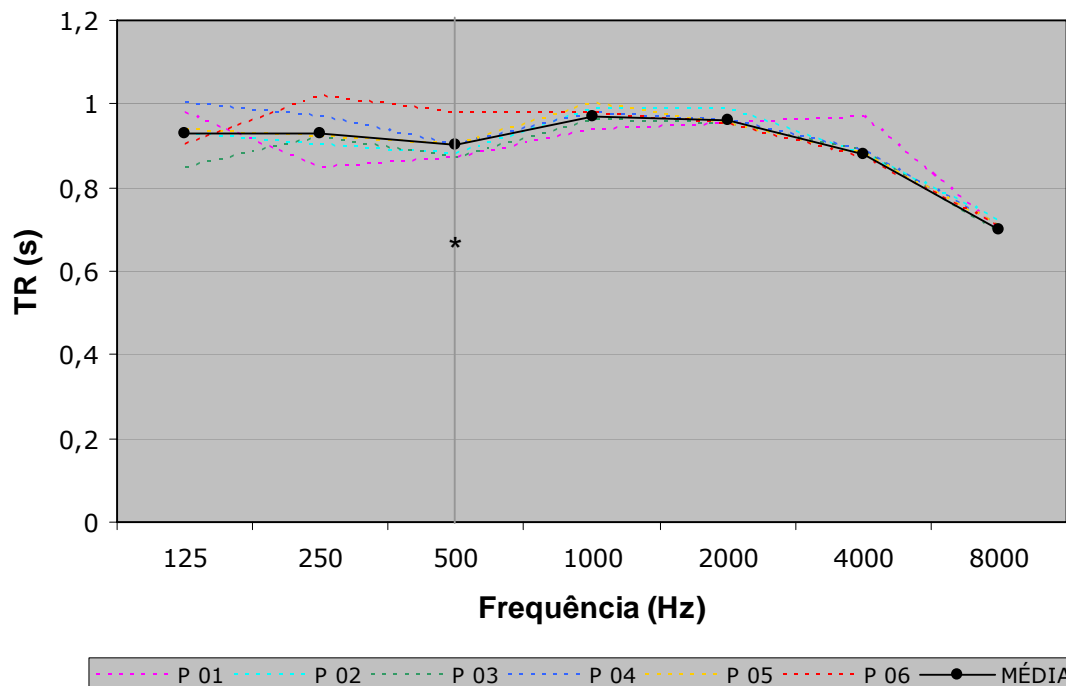


Figura 8-7. Tempo de Reverberação da Sala In Touch

(*) Tempo ótimo de Reverberação (Tot), em segundos, para a frequência de 500 Hz, segundo o gráfico proposto por Mehta, Johnson e Rocafort (1999).

Fonte localizada na parte lateral frontal da sala, conforme figura 8-4.

Tabela 8-5. Tempo de Reverberação (s) nos 5 pontos analisados – Sala In Touch

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 0,97 | 0,83 | 0,97 | 0,94 | 1,03 | 0,95 | 0,95 | 0,06 |
| 250 | 0,84 | 0,88 | 0,88 | 0,88 | 0,93 | 0,86 | 0,88 | 0,03 |
| 500 | 0,84 | 0,80 | 0,80 | 0,83 | 0,80 | 0,85 | 0,82 | 0,02 |
| 1000 | 0,96 | 0,97 | 0,95 | 0,95 | 0,92 | 0,94 | 0,95 | 0,02 |
| 2000 | 0,96 | 0,95 | 0,94 | 0,95 | 0,97 | 0,96 | 0,95 | 0,01 |
| 4000 | 0,89 | 0,89 | 0,89 | 0,89 | 0,86 | 0,84 | 0,88 | 0,02 |
| 8000 | 0,71 | 0,70 | 0,70 | 0,71 | 0,71 | 0,71 | 0,71 | 0,01 |

Já com a fonte sonora posicionada na parte lateral da sala, conforme figura 8-4, os resultados do gráfico da figura 8-8 indicam uma depressão na faixa de frequência entre 125 e

500 Hz, e acima de 1000 Hz, um comportamento semelhante ao da fonte localizada na parte central do palco.

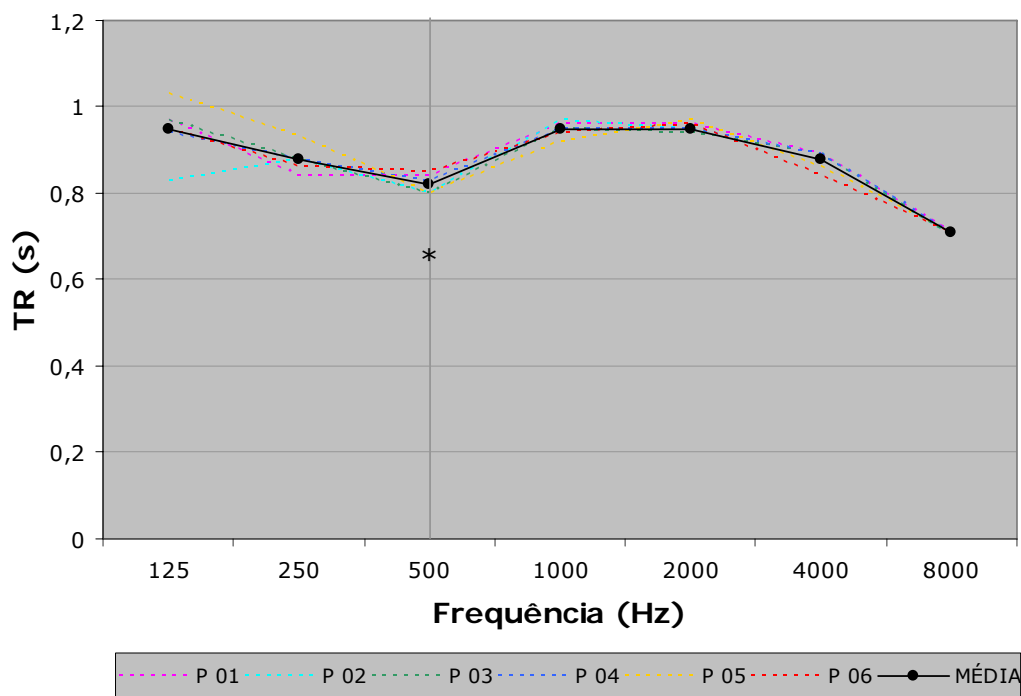


Figura 8-8. Tempo de Reverberação da Sala In Touch

(*) Tempo ótimo de Reverberação (Tot), em segundos, para a frequência de 500 Hz, segundo o gráfico proposto por Mehta, Johnson e Rocafort (1999).

O tempo de reverberação da sala In Touch está um pouco acima do tempo ótimo de reverberação proposto por Mehta, Johnson e Rocafort (1999) para a palavra falada, na frequência analisada de 500 Hz.

e) Tempo de decaimento inicial - EDT (s) “Early Decay Time”

O tempo de decaimento inicial também foi medido em seis pontos da sala para duas posições da fonte, conforme indicados na figura 8-4. Os valores medidos são apresentados nas tabelas 8-6 e 8-7 e nas figuras 8-9 e 8-10.

Fonte localizada na parte central do palco, conforme figura 8-4.

Tabela 8-6. EDT (s) nos 6 pontos analisados – Sala In Touch

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 0,99 | 0,84 | 0,78 | 0,85 | 1,09 | 1,08 | 0,94 | 0,12 |
| 250 | 0,98 | 0,88 | 0,95 | 0,87 | 0,80 | 0,88 | 0,89 | 0,06 |
| 500 | 0,84 | 0,81 | 0,94 | 0,82 | 0,81 | 0,74 | 0,83 | 0,06 |
| 1000 | 0,81 | 0,88 | 0,88 | 0,91 | 0,81 | 0,94 | 0,87 | 0,05 |
| 2000 | 0,94 | 0,96 | 0,87 | 0,93 | 1,00 | 1,00 | 0,95 | 0,04 |
| 4000 | 0,93 | 0,90 | 0,84 | 0,92 | 0,94 | 0,95 | 0,91 | 0,04 |
| 8000 | 0,71 | 0,69 | 0,64 | 0,72 | 0,72 | 0,75 | 0,70 | 0,03 |

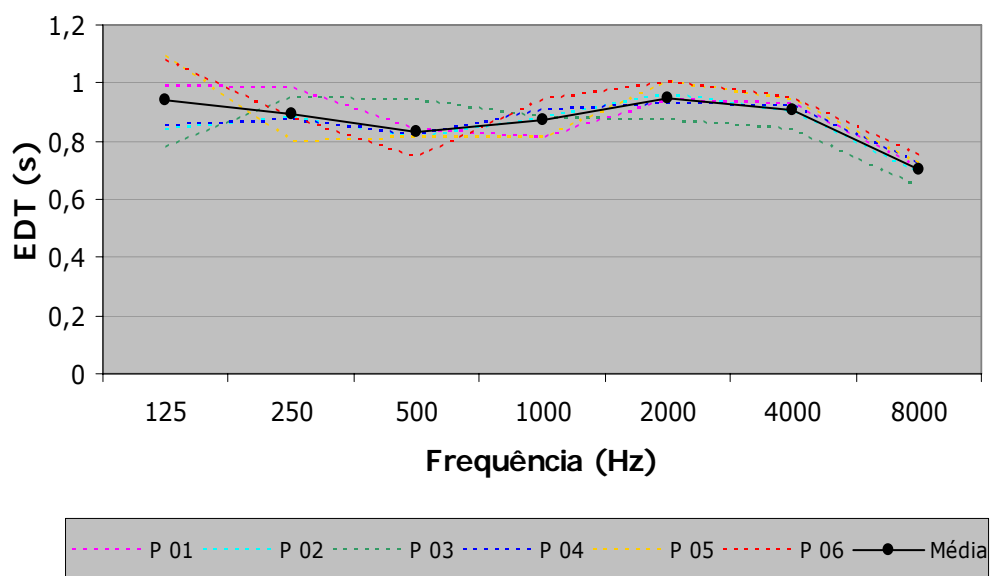


Figura 8-9. EDT da Sala In Touch

Fonte localizada na parte lateral frontal da sala, conforme figura 8-4.

Tabela 8-7. EDT (s) nos 6 pontos analisados – Sala In Touch

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 1,08 | 1,17 | 1,13 | 0,88 | 0,78 | 1,05 | 1,01 | 0,14 |
| 250 | 0,84 | 0,91 | 0,75 | 0,82 | 0,56 | 1,05 | 0,82 | 0,15 |
| 500 | 0,81 | 0,80 | 0,81 | 0,84 | 0,74 | 0,86 | 0,81 | 0,04 |
| 1000 | 0,94 | 0,92 | 0,66 | 0,87 | 1,02 | 0,93 | 0,89 | 0,11 |
| 2000 | 0,90 | 0,86 | 0,75 | 0,90 | 0,92 | 0,95 | 0,88 | 0,06 |
| 4000 | 0,86 | 0,87 | 0,75 | 0,85 | 0,91 | 0,96 | 0,86 | 0,06 |
| 8000 | 0,71 | 0,58 | 0,56 | 0,67 | 0,69 | 0,72 | 0,65 | 0,06 |

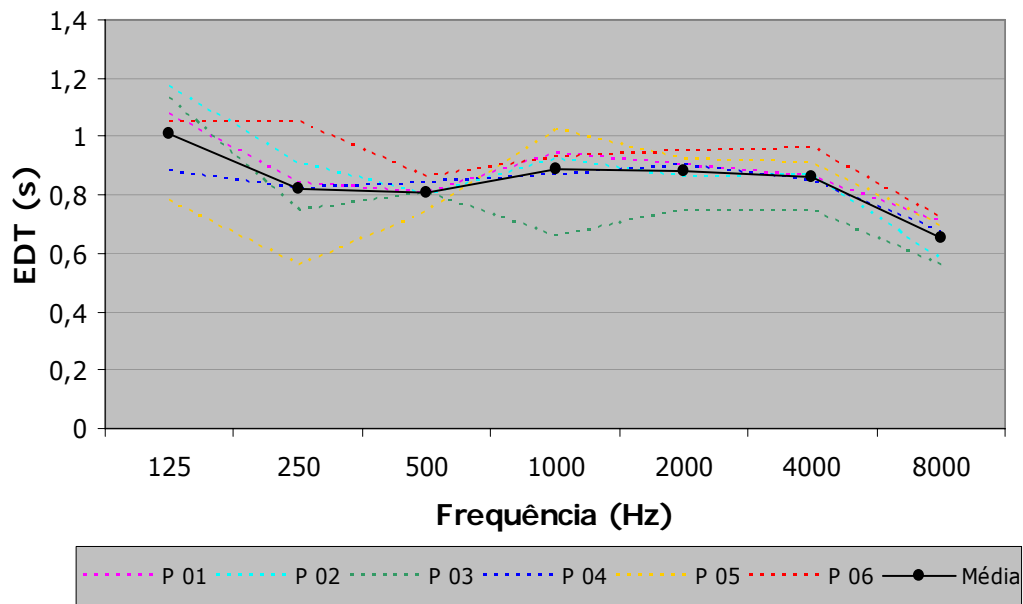


Figura 8-10. EDT da Sala In Touch

O comportamento do tempo de decaimento inicial (EDT) é semelhante ao tempo de reverberação (TR) nos dois casos de posicionamento de fonte. Apesar disso, os valores de EDT na maioria das frequências são sensivelmente inferiores, indicando uma melhora na clareza.

A análise dos dados indica que esta sala está adequada para este parâmetro, já que segundo Granado (2002) o ideal é o EDT estar abaixo de 1 segundo.

f) Tempo central – Ts (ms)

O tempo central foi medido nas posições de fonte sonora e receptores, conforme indicadas na figura 8-4. Os resultados são apresentados nas tabelas 8-8 e 8-9 e nas figuras 8-11 e 8-12.

Fonte localizada na parte central do palco, conforme figura 8-4.

Tabela 8-8. Tempo central (ms) nos 6 pontos analisados – Sala In Touch

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 90,2 | 65,9 | 80,1 | 82,1 | 71,4 | 94,1 | 80,6 | 9,81 |
| 250 | 82,7 | 71,6 | 63,0 | 69,1 | 64,2 | 78,6 | 71,5 | 7,15 |
| 500 | 60,9 | 60,5 | 55,3 | 59,6 | 62,3 | 59,6 | 59,7 | 2,17 |
| 1000 | 60,4 | 60,7 | 60,8 | 64,9 | 66,5 | 76,9 | 65,0 | 5,79 |
| 2000 | 70,0 | 63,6 | 60,9 | 68,0 | 81,0 | 79,9 | 70,5 | 7,58 |
| 4000 | 60,3 | 61,3 | 49,3 | 65,2 | 67,4 | 68,3 | 61,9 | 6,37 |

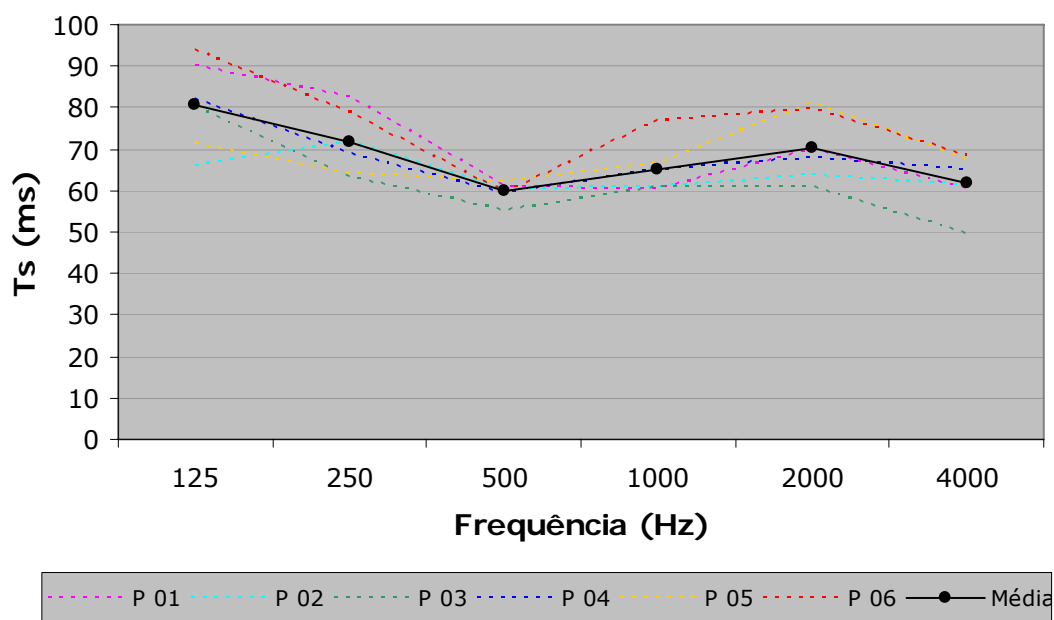


Figura 8-11. Tempo central da Sala In Touch

Fonte localizada na parte lateral frontal, conforme figura 8-4.

Tabela 8-9. Tempo central (ms) nos 6 pontos analisados – Sala In Touch

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 64,1 | 85,6 | 56,5 | 69,9 | 72,0 | 79,8 | 71,3 | 9,57 |
| 250 | 83,2 | 65,3 | 54,0 | 82,0 | 57,8 | 70,0 | 68,7 | 11,07 |
| 500 | 58,5 | 51,0 | 47,2 | 71,0 | 55,9 | 55,5 | 56,5 | 7,44 |
| 1000 | 73,7 | 57,5 | 39,7 | 68,4 | 72,2 | 61,8 | 62,2 | 11,54 |
| 2000 | 75,5 | 59,3 | 43,3 | 72,4 | 78,3 | 73,7 | 67,1 | 12,21 |
| 4000 | 69,5 | 56,0 | 41,8 | 65,3 | 68,7 | 71,3 | 62,1 | 10,35 |

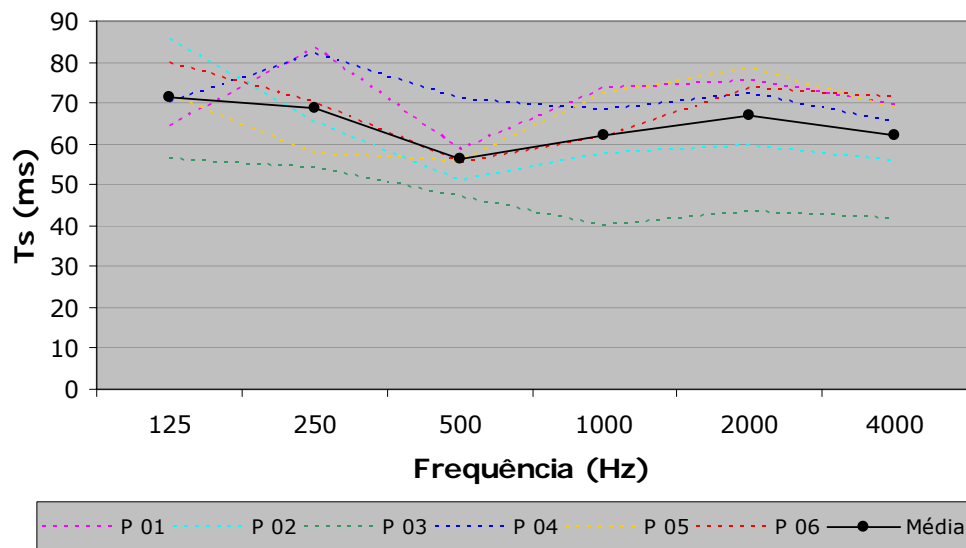


Figura 8-12. Tempo central da Sala In Touch

Conforme Ribeiro (2002), os valores do tempo central (T_s) devem ser menores que 80ms para salas de conferências. Apesar desta pesquisa ser direcionada aos estudos da palavra falada em salas para apresentações teatrais, utilizou-se como referência o valor determinado por Ribero (2002) por considerar o uso da palavra falada nos dois casos.

Sendo assim, a sala In Touch está de acordo com o valor ideal, indicando uma boa clareza sonora.

Através dos gráficos das figuras 8-11 e 8-12, percebe-se um comportamento semelhante para as duas posições da fonte sonora. Os valores para a fonte localizada na parte central do palco, são ligeiramente superiores. Isso já era esperado, analisando anteriormente o tempo de reverberação e o tempo de decaimento inicial, já que o tempo central está relacionado com a duração da resposta impulsiva.

g) Clareza – C_{80} (dB)

Apesar deste parâmetro estar mais relacionado a análises de salas destinadas a apresentações musicais, a análise foi realizada em todos os pontos avaliados e indicados na figura 8-4, para a faixa de frequência de 125 a 4000 Hz e são apresentados nas tabelas 8-10 e 8-11 e nas figuras 8-13 e 8-14.

Fonte localizada na parte central do palco, conforme figura 8-4.

Tabela 8-10. Clareza (dB) nos 6 pontos analisados – Sala In Touch

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 2,22 | 6,02 | 5,06 | 4,25 | 3,58 | 1,12 | 3,71 | 1,65 |
| 250 | 3,66 | 3,99 | 6,12 | 4,53 | 5,89 | 4,30 | 4,75 | 0,93 |
| 500 | 5,59 | 4,16 | 5,19 | 5,06 | 4,23 | 4,52 | 4,79 | 0,53 |
| 1000 | 4,93 | 4,90 | 4,91 | 4,04 | 3,55 | 2,56 | 4,15 | 0,88 |
| 2000 | 2,66 | 3,66 | 4,30 | 3,62 | 2,13 | 2,44 | 3,13 | 0,77 |
| 4000 | 4,16 | 4,52 | 6,05 | 3,54 | 3,50 | 3,06 | 4,14 | 0,98 |

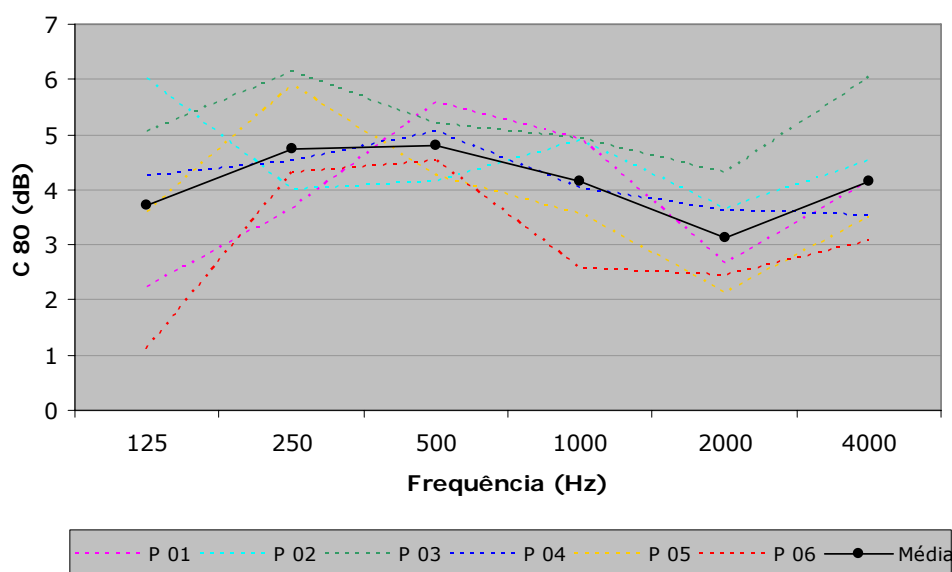


Figura 8-13. Clareza da Sala In Touch

Fonte localizada na parte lateral frontal da sala, conforme figura 8-4.

Tabela 8-11. Clareza (dB) nos 6 pontos analisados – Sala In Touch

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 4,55 | 1,98 | 4,51 | 5,14 | 3,80 | 2,44 | 3,73 | 1,15 |
| 250 | 2,61 | 3,30 | 5,77 | 0,99 | 7,50 | 2,96 | 3,85 | 2,15 |
| 500 | 4,90 | 5,81 | 6,46 | 3,15 | 6,12 | 5,54 | 5,33 | 1,09 |
| 1000 | 3,15 | 4,93 | 8,10 | 4,12 | 2,66 | 4,13 | 4,51 | 1,76 |
| 2000 | 3,01 | 4,59 | 7,01 | 3,64 | 1,73 | 2,93 | 3,82 | 1,66 |
| 4000 | 3,23 | 5,16 | 7,01 | 3,95 | 3,15 | 3,09 | 4,26 | 1,42 |

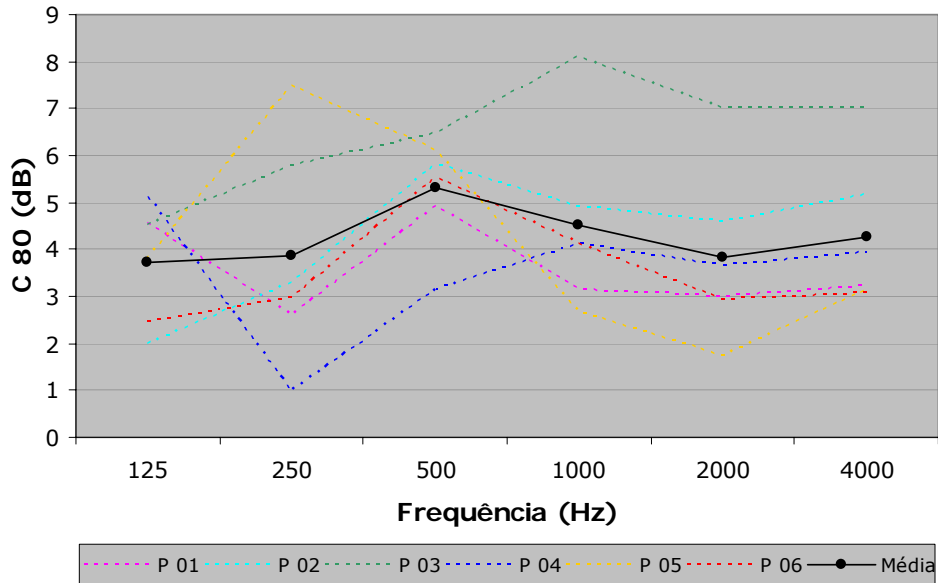


Figura 8-14. Clareza da Sala In Touch

Embora esta sala tenha como objetivo o uso da palavra falada, com os valores de C_{80} obtidos, verifica-se que, se a sala for utilizada para a música, em 500 Hz a inteligibilidade das articulações será melhor.

Somente para a fonte na parte lateral frontal da sala, para a posição 03, em frequências acima de 500 Hz existe uma boa clareza no entendimento, pois segundo Gomes, Ribeiro e Aquino (2004) o valor de C_{80} deve ser superior a 6 dB.

Observa-se que o posicionamento dos ouvintes e da fonte sonora influencia fortemente nos valores de C_{80} .

b) Definição – D_{50}

Como a Definição são as reflexões que atingem o ouvinte até 50 ms após a chegada do som direto e contribuem com a audibilidade do som é importante identificar a distância entre orador e ouvinte, segundo as tabelas 8-12 e 8-13. Os resultados da avaliação deste parâmetro podem ser observados nas tabelas 8-14 e 8-15 e nas figuras 8-15 e 8-16.

Tabela 8-12. Distância em planta (m) entre fonte e receptor (pontos analisados)

| Ponto 01 | Ponto 02 | Ponto 03 | Ponto 04 | Ponto 05 | Ponto 06 |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 4,90 | 9,90 | 6,30 | 6,30 | 9,65 | 8,40 |

Tabela 8-13. Distância em planta (m) entre fonte' e receptor (pontos analisados)

| Ponto 01 | Ponto 02 | Ponto 03 | Ponto 04 | Ponto 05 | Ponto 06 |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 7,80 | 8,40 | 5,35 | 11,05 | 14,15 | 10,60 |

Fonte localizada na parte central do palco, conforme figura 8-4.

Tabela 8-14. Definição nos 6 pontos analisados – Sala In Touch

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 0,37 | 0,73 | 0,40 | 0,44 | 0,63 | 0,33 | 0,48 | 0,15 |
| 250 | 0,54 | 0,50 | 0,64 | 0,51 | 0,60 | 0,46 | 0,54 | 0,06 |
| 500 | 0,67 | 0,58 | 0,66 | 0,58 | 0,51 | 0,54 | 0,59 | 0,06 |
| 1000 | 0,60 | 0,62 | 0,59 | 0,55 | 0,49 | 0,48 | 0,55 | 0,05 |
| 2000 | 0,50 | 0,58 | 0,56 | 0,53 | 0,41 | 0,39 | 0,49 | 0,07 |
| 4000 | 0,58 | 0,58 | 0,65 | 0,53 | 0,53 | 0,50 | 0,56 | 0,05 |

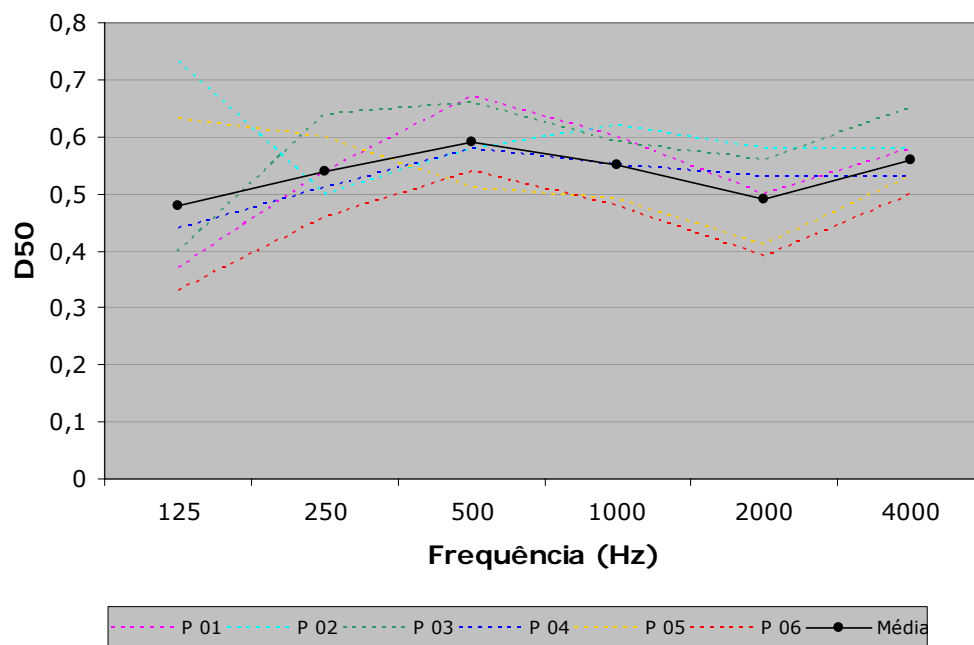


Figura 8-15. Definição da Sala In Touch

Fonte localizada na parte lateral frontal da sala, conforme figura 8-4.

| Tabela 8-15. Definição nos 6 pontos analisados – Sala In Touch | | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | Médias | Desvio padrão |
| 125 | 0,61 | 0,47 | 0,69 | 0,51 | 0,55 | 0,47 | 0,55 | 0,08 |
| 250 | 0,31 | 0,52 | 0,75 | 0,38 | 0,69 | 0,55 | 0,53 | 0,16 |
| 500 | 0,58 | 0,65 | 0,72 | 0,48 | 0,71 | 0,57 | 0,62 | 0,08 |
| 1000 | 0,45 | 0,63 | 0,78 | 0,53 | 0,52 | 0,59 | 0,58 | 0,10 |
| 2000 | 0,44 | 0,61 | 0,74 | 0,49 | 0,44 | 0,49 | 0,53 | 0,11 |
| 4000 | 0,49 | 0,64 | 0,74 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,56 | 0,10 |

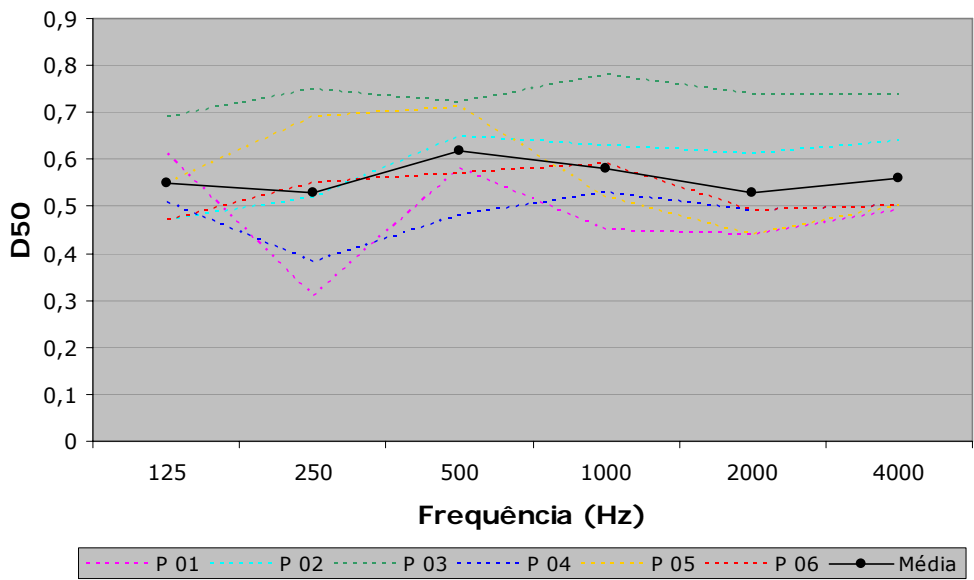


Figura 8-16. Definição da Sala In Touch

A definição, D_{50} tem sido comparada com a inteligibilidade da fala. Sendo assim, esta sala apresenta o melhor valor em 500 Hz, tendo comportamento semelhante nas baixas e altas frequências.

As médias dos valores de D_{50} para as frequências de 125 a 4000Hz estão abaixo dos valores recomendados por Ribeiro (2002) e também Gomes, Ribeiro e Aquino (2004).

A análise indica que os resultados são influenciados pela posição do ouvinte em relação à fonte sonora através da distância fonte-receptor e a proximidade dos receptores com superfícies refletoras.

c) Índice de transmissão da fala – STI “Speech Transmission Index”

Para uma fonte do sexo feminino, o índice de transmissão sonora da sala em questão tem como média 0,61, indicando que a sala tem uma boa inteligibilidade para a palavra falada. Para que a sala seja considerada excelente, o índice deve ser maior que 0,75. A análise do STI foi realizada para a fonte localizada na parte central do palco, conforme figura 8-4 e os resultados para os 6 pontos receptores são apresentados na tabela 8-16.

Tabela 8-16. STI nos 6 pontos analisados – Sala In Touch

| P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | Médias | Desvio padrão |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|----------------------|
| 0,63 | 0,63 | 0,63 | 0,62 | 0,60 | 0,58 | 0,61 | 0,02 |

Observa-se que este índice permanece praticamente constante em todas as posições analisadas para a fonte na parte central do palco.



Figura 8-17. Acesso ao Sotac

Rua Barão de Jaguará, 02
Centro
Campinas – SP
13015-001

Telefone (19) 3235-2266
w w w . s o t a c . c o m . b r

8.2 TEATRO SOTAC

Fundado em janeiro de 1978, atua nas áreas de teatro infantil e adulto, escola de teatro, vídeo-produções e agenciamentos, com infra-estrutura e equipe técnica e artística especializada, levando cultura e lazer, “sempre fazendo arte” - base fundamental de sua proposta de trabalho. Implantou o TEATRO ESCOLA SOTAC, com cursos livres de iniciação teatral e montagens com auditório de 230 lugares em terreno próprio no centro de Campinas (SOTAC, 2006).

FICHA

- **Área Construída (sala e apoio):** Aproximadamente 190 m²
- **Data do Projeto:** 2004
- **Data de Conclusão da Obra:** 15/03/2004
- **Arquitetura:** fundador Antônio Carlos (Eng. Antônio Carlos)
- **Assessoria Acústica:** A experiência teatral do fundador
- **Principais usos:** Teatro

DADOS DA SALA

- **Volume:** Aproximadamente 400 m³
- **Largura (média):** 14 m
- **Comprimento Total:** 13,70 m
- **Altura (média):** 4,57 m (1ª fileira)/ 2,07 m (última fileira)
- **Área do Palco:** 41,80 m²
- **Capacidade:** 230 pessoas
- **Volume por Assento:** 1,74 m³

MATERIAIS CONSTRUTIVOS DA SALA

- **Piso:** Carpete
- **Piso do palco:** Madeira
- **Paredes laterais próximas ao palco:** alvenaria pintada de cinza
- **Paredes laterais:** Alvenaria pintada de cinza
- **Parede fundo:** alvenaria pintada de cinza
- **Forro:** Gesso acartonado branco
- **Portas de acesso:** Ferro
- **Assentos:** Tecido

8.2.1 – Parâmetros arquitetônicos

a) Implantação e Contexto

O teatro para 230 pessoas está implantado no centro da cidade de Campinas, próximo à linha da Fepasa e de importantes avenidas, como Avenida Francisco Glicério e Avenida Aquidaban, conforme figura 8-10.

A localização desta sala é um pouco peculiar. Apesar de estar cravada no início da Rua Barão de Jaguará, caracterizada por um intenso movimento, o teatro está localizado no único quarteirão tranquilo, onde praticamente não passam carros.



Figura 8-18. Mapa da região do teatro Sotac

Ao seu lado, residências de médio padrão e uma praça frontal ajudam a tornar o entorno da sala silencioso.

A fachada da edificação se confunde neste meio residencial e poderia tranquilamente passar despercebido pelas pessoas se não fosse a pintura de indicação do local num muro de frente a rua de acesso.

b) Projeto Arquitetônico – organização interna e funcionalidade dos espaços

A edificação abriga um auditório e toda infra-estrutura de uma escola que oferece cursos de iniciação teatral e montagens.

O acesso acontece diretamente por um corredor a céu aberto que faz a ligação do portão de entrada com as diferentes salas (administração, sanitários, auditório, etc.). Não há existência de um foyer. Uma porta metálica dá acesso diretamente à lateral frontal da sala.



Figura 8-19. Interior do teatro Sotac

Este teatro foi construído através da experiência teatral de seu fundador e utiliza alguns conceitos acústicos na utilização de materiais, como por exemplo, no uso de materiais reflexivos nas paredes laterais e no forro. O uso do carpete no piso da platéia também ajuda a diminuir o ruído de impacto provocado pelos passos das pessoas formadoras da platéia.

As paredes do fundo da sala também são feitas de material reflexivo e aumentam dessa forma, as reflexões indevidas que retornam à platéia.

Nesta sala foram analisados sete pontos receptores para duas posições da fonte sonora, conforme figura 8-20.

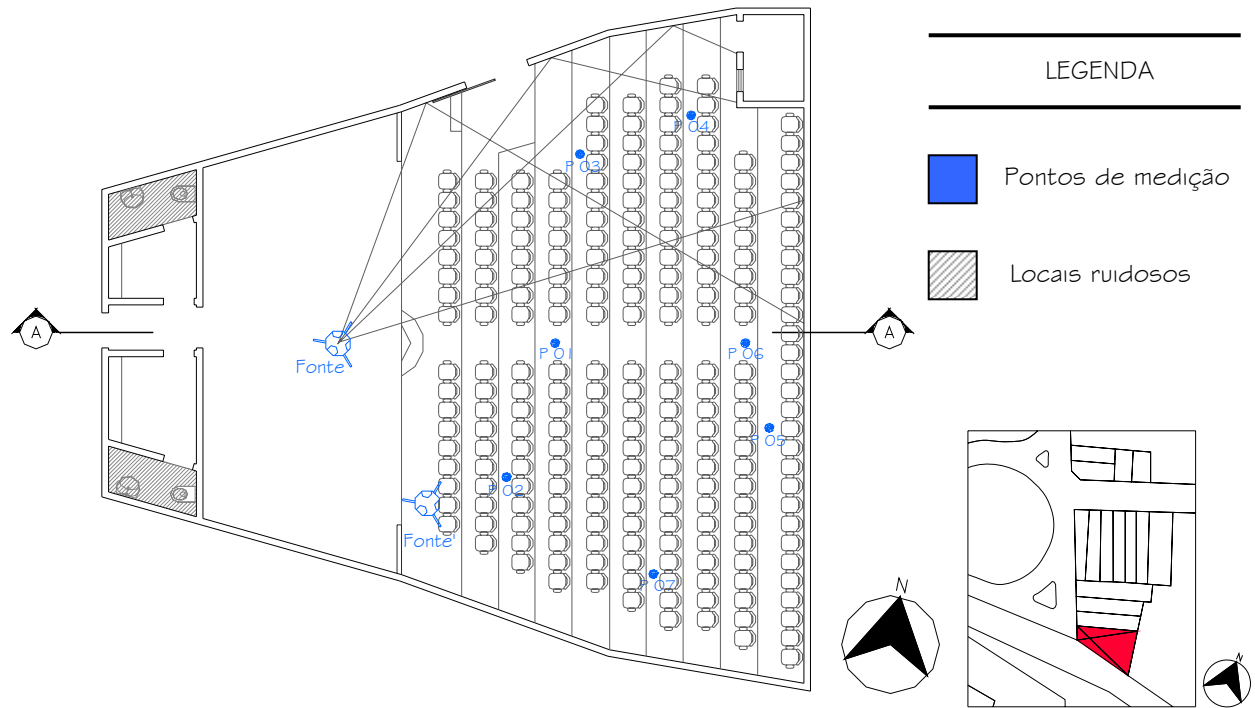


Figura 8-20. Planta esquemática – sem escala

A edificação tem uma volumetria simples e utiliza o princípio de usar as inclinações das paredes laterais para diminuir a distância fonte-receptor e aumentar, ao mesmo tempo, a quantidade de assentos.

A existência do corredor central é um fator prejudicial, já que a região no eixo central da sala é considerada a parte mais nobre da sala.

Apesar da sala estar localizada numa região tranqüila e com um baixo ruído urbano, a entrada sem foyer prejudica o isolamento da sala.

Na figura 8-20 é possível observar que o escalonamento do piso melhora a visibilidade e, por conseguinte a energia sonora que chega aos espectadores, a inteligibilidade da palavra falada e a visualização de todos os movimentos dos atores.

O forro com uma pequena inclinação também ajuda a reflexão dos sons úteis, que são aqueles que complementam o som direto.

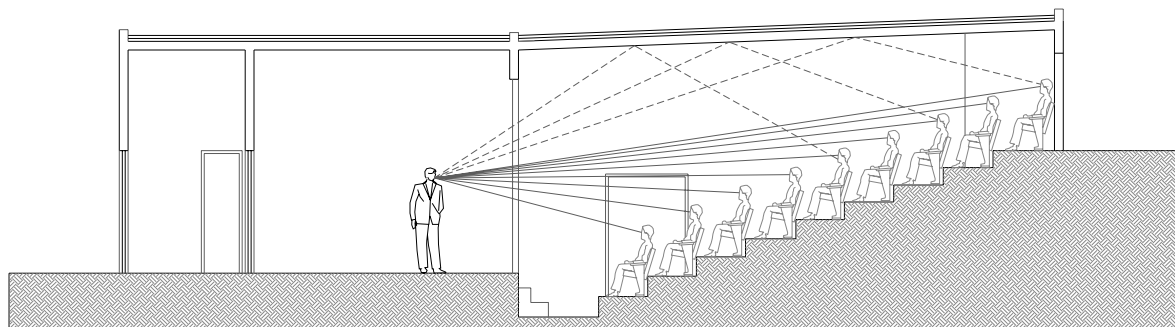


Figura 8-21. Corte AA – sem escala

8.2.2 – Parâmetros Acústicos

a) Nível de Pressão Sonora – NPS (dB)

Os resultados dos níveis de pressão sonora (NPS) do Teatro Sotac em função da frequência são apresentados na tabela 8-17 e na figura 8-22. Os asteriscos da figura 8-22 representam as curvas de avaliação de ruído recomendadas pela norma NBR 10152 (1987).

Tabela 8-17. Nível de Pressão Sonora da sala Sotac

| Frequência (Hz) | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|
| NPS (dB) | 17,9 | 19,9 | 22,0 | 19,9 | 15,9 | 14,3 | 11,8 |

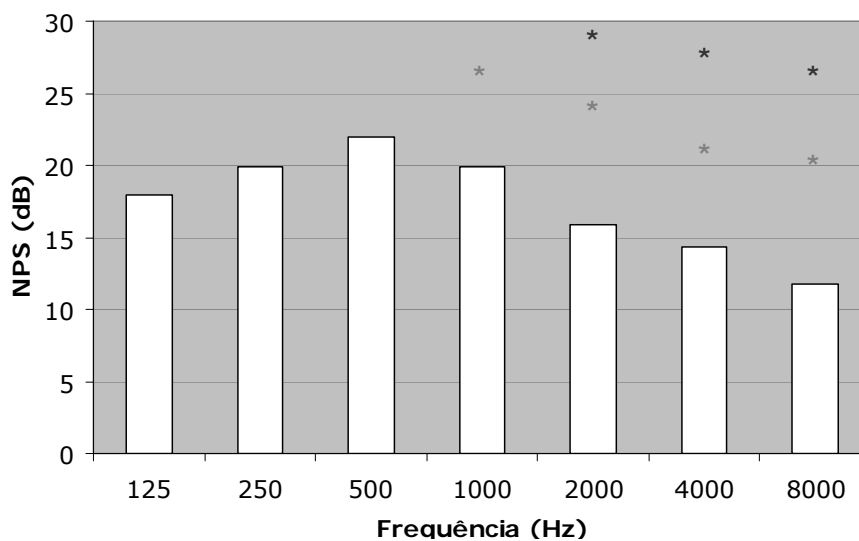


Figura 8-22. Espectro Sonoro do teatro Sotac

* NC 25 – representa o nível sonoro para o conforto de teatros, segundo a NBR 10152

* NC 30 – representa o nível sonoro aceitável para a finalidade, segundo a NBR 10152

O nível sonoro global em dB e dB(A) característicos do espectro medido é de 26,4 dB e 24,6 dB(A), respectivamente. Este resultado indica que a sala está de acordo com a norma NBR 10152 (1987).

b) NC

A classificação de NC 20 da sala foi analisada através dos níveis de pressão sonora em função da frequência e indicam que a sala está de acordo com a norma NBR 10152 (1987), em relação a este parâmetro.

c) SIL

O valor de SIL deve ser analisado juntamente com as distâncias orador-ouvinte. Estas distâncias são apresentadas nas tabelas 8-18 e 8-19 para as duas posições da fonte sonora e os sete pontos receptores.

Tabela 8-18. Distância em planta (m) entre fonte e receptor (pontos analisados)

| Ponto 01 | Ponto 02 | Ponto 03 | Ponto 04 | Ponto 05 | Ponto 06 | Ponto 07 |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 4,95 | 4,90 | 7,00 | 9,55 | 10,00 | 9,25 | 8,90 |

Tabela 8-19. Distância em planta (m) entre fonte' e receptor (pontos analisados)

| Ponto 01 | Ponto 02 | Ponto 03 | Ponto 04 | Ponto 05 | Ponto 06 | Ponto 07 |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 4,55 | 1,75 | 8,60 | 10,60 | 7,80 | 7,95 | 5,20 |

O valor de SIL é 18,1 dB, indicando através de um prolongamento do gráfico proposto por Mehta, Johnson e Rocafort (1999), que o orador pode falar num tom de voz normal que o ouvinte o entenderá com clareza em todos os pontos da sala.

d) Tempo de Reverberação – TR (s)

O tempo de reverberação também foi avaliado nas duas posições de fonte sonora e os resultados são apresentados para as diferentes posições do ouvinte nas tabelas 8-20 2 8-21 e nas figuras 8-23 e 8-24.

Fonte localizada na parte central do palco, conforme figura 8-20.

| Tabela 8-20. Tempo de Reverberação (s) nos 7 pontos analisados – Sala Sotac | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | P 07 | Médias | Desvio padrão |
| 125 | 0,95 | 0,92 | 0,98 | 0,98 | 1,13 | 1,04 | 0,93 | 0,99 | 0,07 |
| 250 | 1,00 | 0,92 | 0,92 | 0,99 | 0,97 | 0,94 | 0,90 | 0,95 | 0,04 |
| 500 | 0,76 | 0,73 | 0,76 | 0,77 | 0,81 | 0,78 | 0,79 | 0,77 | 0,02 |
| 1000 | 0,56 | 0,58 | 0,57 | 0,59 | 0,59 | 0,58 | 0,58 | 0,58 | 0,01 |
| 2000 | 0,50 | 0,52 | 0,52 | 0,54 | 0,54 | 0,55 | 0,53 | 0,53 | 0,02 |
| 4000 | 0,48 | 0,49 | 0,49 | 0,51 | 0,51 | 0,50 | 0,51 | 0,50 | 0,01 |
| 8000 | 0,41 | 0,41 | 0,43 | 0,44 | 0,45 | 0,44 | 0,44 | 0,43 | 0,01 |

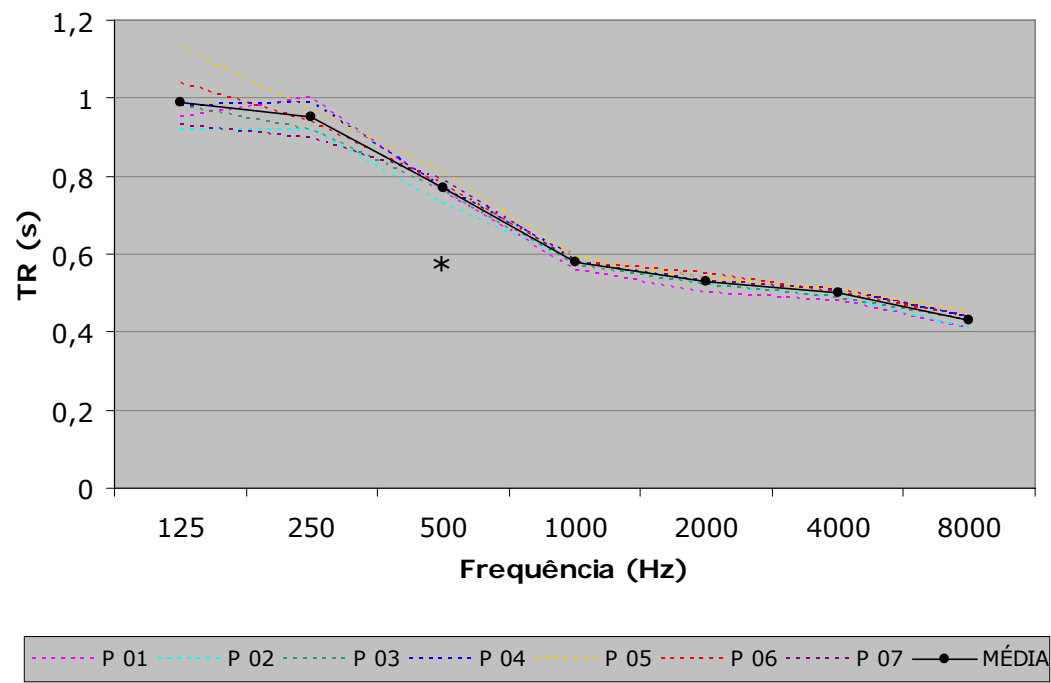


Figura 8-23. Tempo de Reverberação da Sala Sotac

(*) Tempo ótimo de Reverberação (Tot), em segundos, para a frequência de 500 Hz, segundo o gráfico proposto por Mehta, Johnson & Rocafort (1999).

Fonte localizada na parte lateral frontal da sala, conforme figura 8-20.

Tabela 8-21. Tempo de Reverberação (s) nos 7 pontos analisados – Sala Sotac

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | P 07 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 1,04 | 1,13 | 1,09 | 1,03 | 1,09 | 1,06 | 1,06 | 1,07 | 0,03 |
| 250 | 0,95 | 0,92 | 0,88 | 0,92 | 0,96 | 0,89 | 0,85 | 0,91 | 0,04 |
| 500 | 0,72 | 0,71 | 0,71 | 0,73 | 0,78 | 0,78 | 0,74 | 0,74 | 0,03 |
| 1000 | 0,57 | 0,54 | 0,57 | 0,58 | 0,58 | 0,55 | 0,58 | 0,57 | 0,02 |
| 2000 | 0,51 | 0,50 | 0,51 | 0,53 | 0,54 | 0,52 | 0,52 | 0,52 | 0,01 |
| 4000 | 0,46 | 0,47 | 0,48 | 0,50 | 0,51 | 0,49 | 0,49 | 0,48 | 0,02 |
| 8000 | 0,39 | 0,39 | 0,42 | 0,42 | 0,44 | 0,44 | 0,43 | 0,42 | 0,02 |

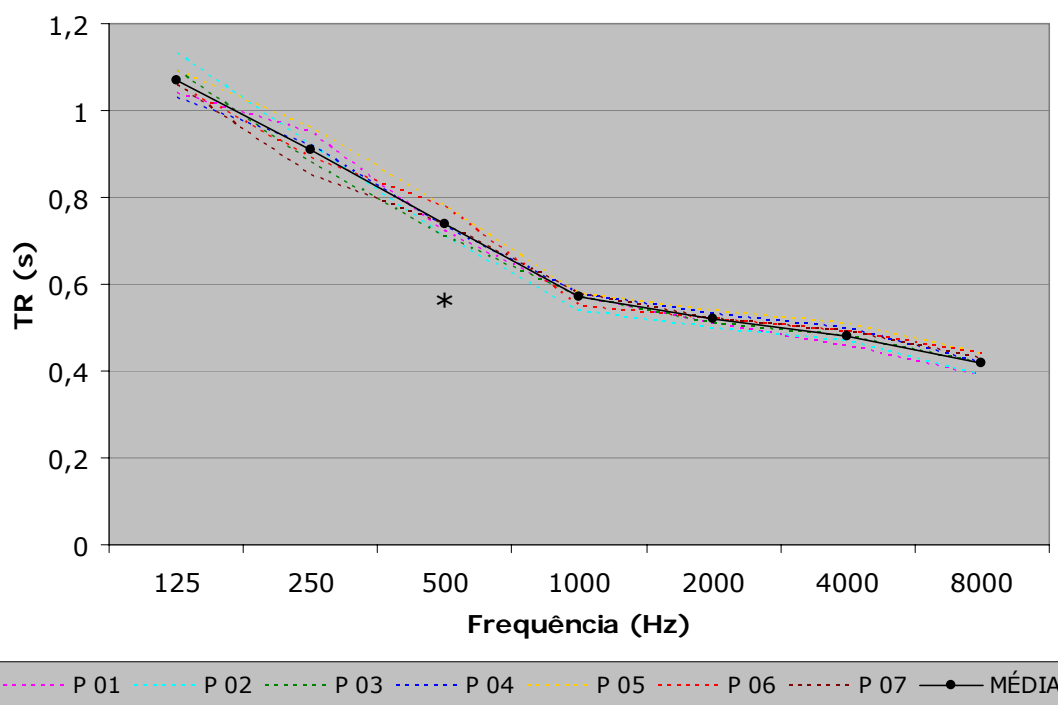


Figura 8-24. Tempo de reverberação da Sala Sotac

(*) Tempo ótimo de Reverberação (Tot), em segundos, para a frequência de 500 Hz, segundo o gráfico proposto por Mehta, Johnson & Rocafort (1999).

Nos gráficos das figuras 8-23 e 8-24 é possível observar que o tempo de reverberação independe da posição do ouvinte ou da fonte sonora. O tempo reverberação nesta sala diminui

conforme o aumento da frequência e este comportamento representam uma boa quantidade de materiais absorventes, porém uma carência no isolamento da sala.

O tempo de reverberação desta sala para a frequência de 500Hz está um pouco acima do tempo ótimo de reverberação proposto por Mehta, Johnson e Rocafort (1999)

e) Tempo de decaimento inicial – EDT (s) “Early Decay Time”

Os valores de EDT são apresentados nas tabelas 8-22 e 8-23 e para uma melhor compreensão, nas figuras 8-25 e 8-26.

Fonte localizada na parte central do palco, conforme figura 8-20.

Tabela 8-22. EDT (s) nos 7 pontos analisados – Sala Sotac

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | P 07 | Médias | Desvio padrão |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|----------------------|
| 125 | 0,69 | 0,57 | 1,10 | 0,86 | 1,08 | 0,81 | 0,70 | 0,83 | 0,19 |
| 250 | 1,15 | 0,95 | 0,96 | 0,83 | 0,83 | 1,00 | 0,92 | 0,95 | 0,10 |
| 500 | 0,80 | 0,75 | 0,79 | 0,81 | 0,76 | 0,85 | 0,96 | 0,80 | 0,07 |
| 1000 | 0,58 | 0,65 | 0,53 | 0,55 | 0,68 | 0,56 | 0,60 | 0,60 | 0,05 |
| 2000 | 0,52 | 0,51 | 0,57 | 0,59 | 0,60 | 0,54 | 0,58 | 0,56 | 0,03 |
| 4000 | 0,51 | 0,48 | 0,49 | 0,52 | 0,52 | 0,53 | 0,46 | 0,50 | 0,02 |
| 8000 | 0,43 | 0,43 | 0,40 | 0,43 | 0,42 | 0,41 | 0,42 | 0,42 | 0,01 |

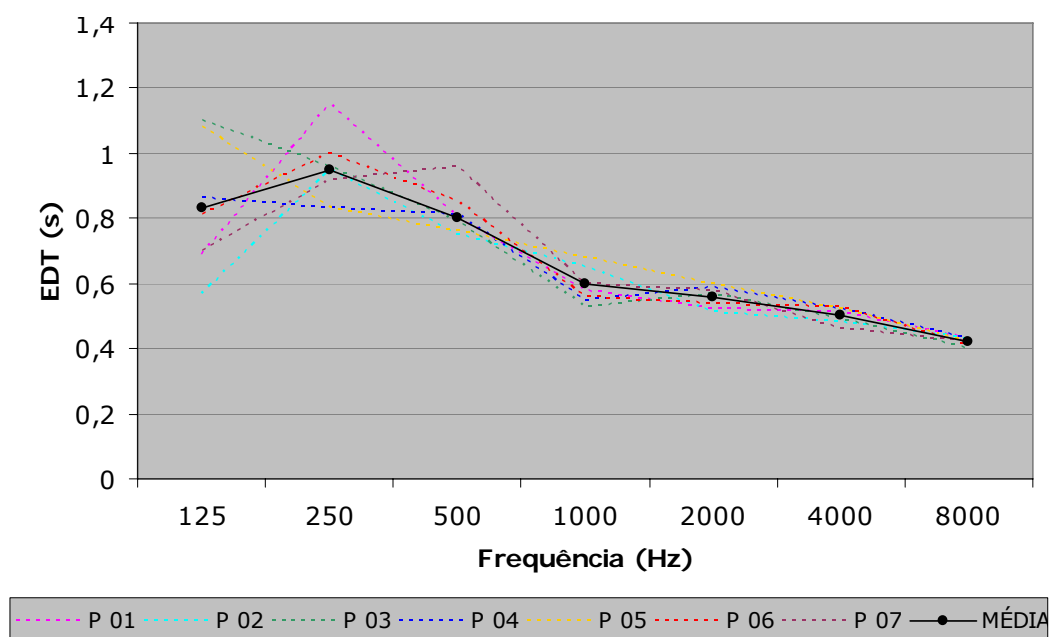


Figura 8-25. EDT da sala Sotac

Para a fonte sonora localizada na parte central do palco, os valores de EDT são muito próximos ao tempo de reverberação, porém já é possível identificar discrepâncias na frequência de 125Hz para as diferentes posições receptoras.

Fonte localizada na parte lateral frontal da sala, conforme figura 8-20.

Tabela 8-23. EDT (s) nos 7 pontos analisados – Sala Sotac

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | P 07 | Médias | Desvio padrão |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 0,64 | 0,13 | 0,94 | 0,67 | 1,05 | 0,44 | 1,05 | 0,70 | 0,32 |
| 250 | 0,76 | 0,66 | 0,78 | 0,80 | 0,98 | 1,04 | 0,92 | 0,71 | 0,19 |
| 500 | 0,69 | 0,58 | 0,62 | 0,86 | 0,76 | 0,77 | 0,72 | 0,71 | 0,09 |
| 1000 | 0,49 | 0,37 | 0,61 | 0,59 | 0,62 | 0,56 | 0,43 | 0,52 | 0,09 |
| 2000 | 0,47 | 0,45 | 0,53 | 0,58 | 0,45 | 0,57 | 0,37 | 0,49 | 0,07 |
| 4000 | 0,38 | 0,42 | 0,52 | 0,46 | 0,36 | 0,57 | 0,31 | 0,43 | 0,08 |
| 8000 | 0,34 | 0,34 | 0,43 | 0,39 | 0,27 | 0,34 | 0,29 | 0,34 | 0,05 |

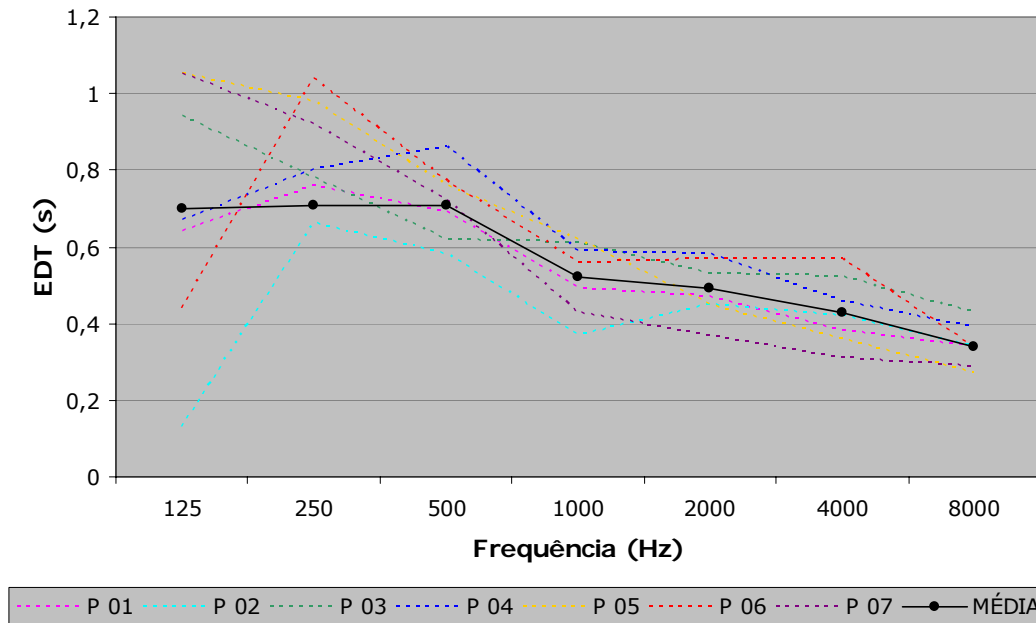


Figura 8-26. EDT da Sala Sotac

Em relação ao tempo de reverberação, o EDT teve um decaimento nas baixas frequências designando uma melhora na clareza, apesar divergência entre os valores em 125Hz. Segundo Granado (2002), para teatros, o EDT deve ser menor que 1 segundo (média para 500, 1000 e 2000Hz). Sendo assim, esta sala está de acordo para este parâmetro.

f) Tempo central – Ts (ms)

Os resultados do tempo central (Ts) de medições para duas posições de fonte sonora e sete posições receptoras são apresentados nas tabelas 8-24 e 8-25 e através dos gráficos das figuras 8-27 e 8-28.

Fonte localizada na parte central do palco, conforme figura 8-20.

Tabela 8-24. Tempo Central (ms) nos 7 pontos analisados – Sala Sotac

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | P 07 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 58,4 | 45,7 | 88,0 | 75,5 | 92,8 | 75,8 | 78,4 | 73,5 | 15,20 |
| 250 | 69,5 | 67,5 | 64,7 | 77,5 | 70,3 | 76,7 | 74,3 | 71,5 | 4,45 |
| 500 | 54,9 | 57,5 | 54,3 | 58,6 | 58,1 | 64,2 | 58,0 | 57,9 | 2,98 |
| 1000 | 42,4 | 39,1 | 43,4 | 46,1 | 42,4 | 41,8 | 42,7 | 42,5 | 1,92 |
| 2000 | 41,2 | 31,0 | 41,6 | 37,8 | 34,1 | 41,4 | 37,0 | 37,7 | 3,77 |
| 4000 | 40,3 | 25,4 | 35,2 | 35,7 | 30,7 | 39,0 | 31,2 | 33,9 | 4,81 |

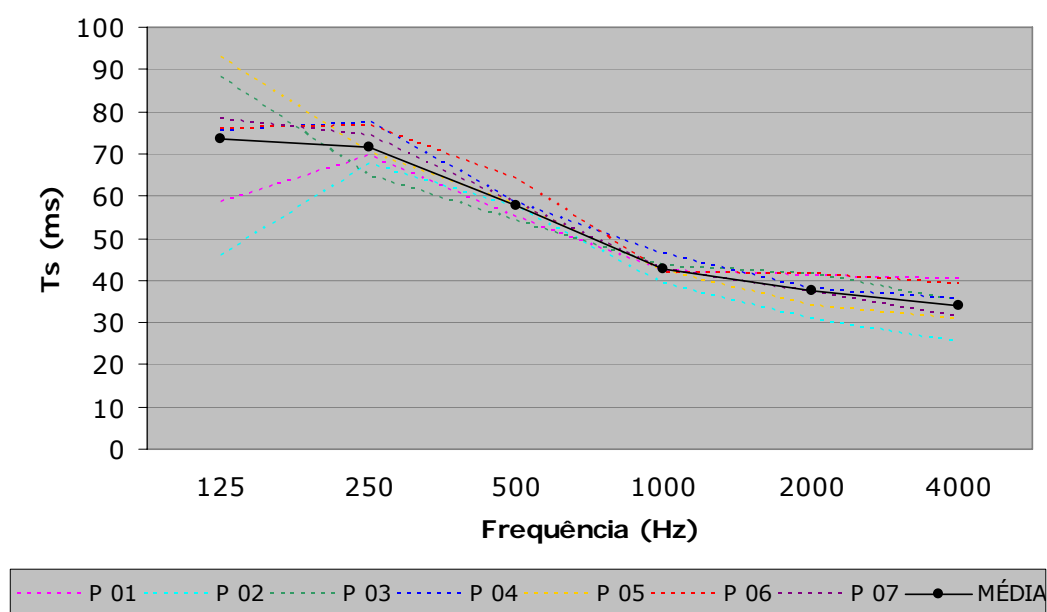


Figura 8-27. Tempo Central da Sala Sotac

Fonte localizada na parte lateral frontal da sala, conforme figura 8-20.

Tabela 8-25. Tempo Central (ms) nos 7 pontos analisados – Sala Sotac

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | P 07 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 55,7 | 22,8 | 76,9 | 63,3 | 74,9 | 51,0 | 74,5 | 59,9 | 17,78 |
| 250 | 59,3 | 31,1 | 76,6 | 75,0 | 75,4 | 71,6 | 68,2 | 65,3 | 15,01 |
| 500 | 46,1 | 24,5 | 56,8 | 63,1 | 42,0 | 53,8 | 41,4 | 46,8 | 11,74 |
| 1000 | 35,5 | 17,6 | 43,7 | 37,4 | 33,4 | 40,4 | 27,5 | 33,6 | 8,10 |
| 2000 | 24,3 | 22,6 | 38,7 | 29,3 | 27,8 | 36,6 | 24,9 | 29,2 | 5,77 |
| 4000 | 21,0 | 18,9 | 37,6 | 29,4 | 21,8 | 33,4 | 23,2 | 26,5 | 6,55 |

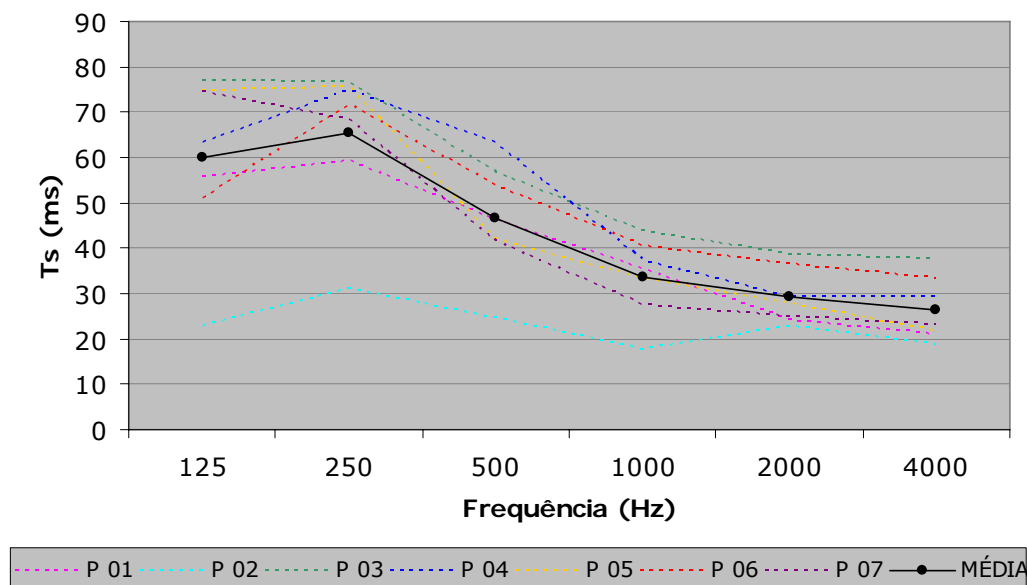


Figura 8-28. Tempo central da Sala Sotac

O gráfico da figura 8-28 indica, de uma forma mais clara, que para a fonte sonora localizada na parte lateral frontal da sala, os valores de T_s estão relacionados com a distância orador-ouvinte. Quanto mais próximo o ouvinte está da fonte, menor o valor de T_s . Apesar disso, todas as posições estão adequadas em relação ao valor ideal, abaixo de 80ms, conforme indicado por Ribeiro (2002).

g) Clareza – C_{80} (dB)

Este parâmetro está relacionado a análises em salas para apresentações musicais, porém foram medidos para todos os pontos avaliados, conforme figura 8-20 e são apresentados nas tabelas 8-26 e 8-27 e nas figuras 8-29 e 8-30.

Fonte localizada na parte central do palco, conforme figura 8-20.

Tabela 8-26 Clareza (dB) nos 7 pontos analisados – Sala Sotac

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | P 07 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|-------|------|------|------|------|-------|--------|---------------|
| 125 | 6,64 | 9,25 | 0,00 | 3,97 | 1,95 | 5,48 | 4,70 | 4,57 | 2,81 |
| 250 | 2,47 | 3,15 | 4,21 | 2,03 | 4,28 | 3,53 | 3,42 | 3,30 | 0,77 |
| 500 | 6,00 | 4,15 | 5,78 | 3,68 | 5,05 | 3,35 | 4,13 | 4,59 | 0,96 |
| 1000 | 7,88 | 7,28 | 8,02 | 7,79 | 6,92 | 8,13 | 7,06 | 7,58 | 0,45 |
| 2000 | 8,36 | 10,13 | 7,93 | 7,93 | 8,54 | 8,13 | 8,18 | 8,45 | 0,71 |
| 4000 | 8,32 | 11,26 | 9,58 | 9,12 | 9,42 | 8,30 | 10,20 | 9,45 | 0,97 |

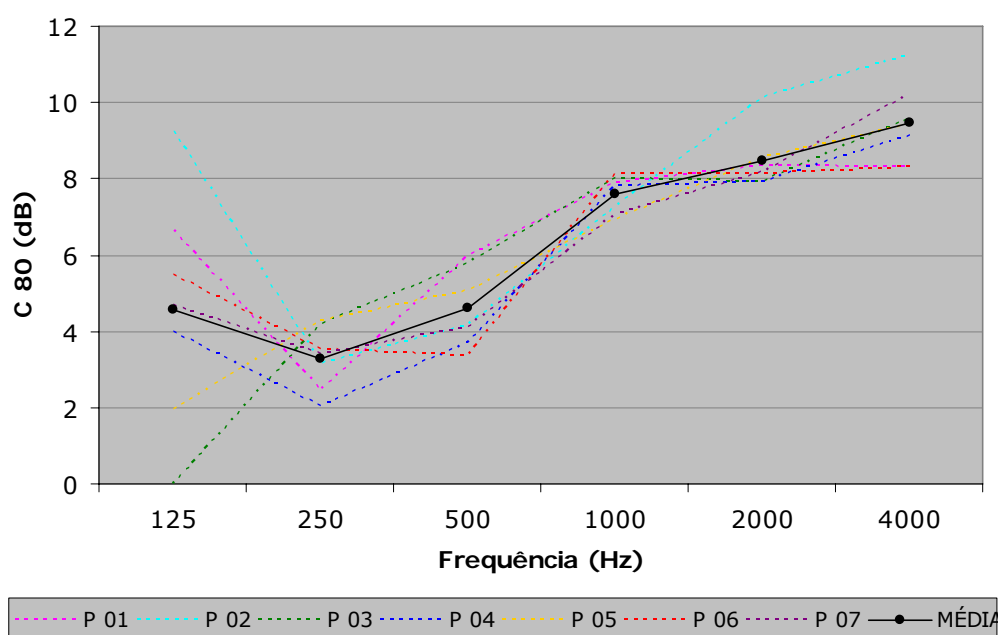


Figura 8-29. Clareza da sala Sotac

Fonte localizada na parte lateral frontal da sala, conforme figura 8-20.

Tabela 8-27. Clareza (dB) nos 7 pontos analisados – Sala Sotac

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | P 07 | Médias | Desvio padrão |
|------------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|--------|---------------|
| 125 | 4,94 | 12,91 | 3,42 | 4,97 | 3,01 | 8,00 | 2,50 | 5,68 | 3,40 |
| 250 | 4,83 | 9,33 | 3,73 | 3,18 | 3,92 | 3,42 | 4,76 | 4,74 | 1,96 |
| 500 | 6,93 | 11,19 | 5,76 | 4,32 | 6,70 | 5,09 | 7,57 | 6,79 | 2,07 |
| 1000 | 9,58 | 12,94 | 7,91 | 7,91 | 8,43 | 8,02 | 10,68 | 9,35 | 1,75 |
| 2000 | 11,94 | 12,04 | 8,96 | 9,16 | 11,13 | 8,39 | 11,59 | 10,46 | 1,45 |
| 4000 | 13,12 | 13,71 | 9,01 | 10,21 | 11,86 | 8,61 | 13,01 | 11,36 | 1,93 |

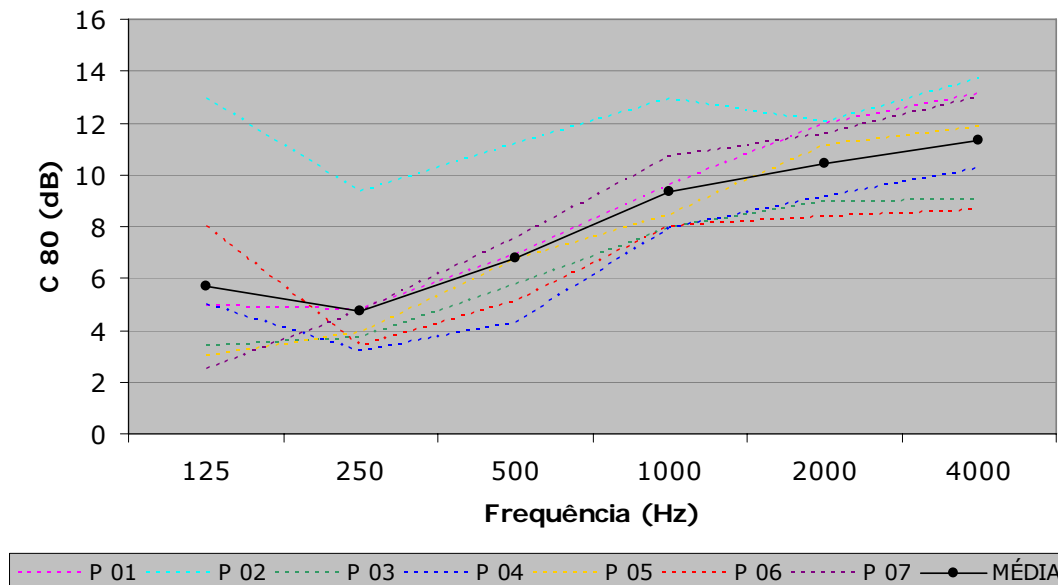


Figura 8-30. Clareza da Sala Sotac

Os resultados de C_{80} estão relacionados com o posicionamento do ouvinte em relação à fonte. Os valores superiores indicam uma maior proximidade entre estes.

Segundo Gomes, Ribeiro e Aquino (2004), os valores indicados de C_{80} para teatros devem ser acima de 6 dB. sendo assim, para as frequências acima de 1000 Hz para a fonte na parte central do palco e acima de 500 Hz para a fonte na parte lateral frontal, esta sala está de acordo para este parâmetro.

h) Definição – D_{50}

Definição é um parâmetro importante para avaliação de salas para palavra falada, pois representa as reflexões que chegam ao ouvinte em até 50ms após a chegada do som direto e com isso contribuem para a inteligibilidade. As medições foram realizadas para todas as posições avaliadas indicadas na figura 8-20 e os resultados são apresentados nas tabelas 8-28 e 8-29 e para uma melhor compreensão nos gráficos das figuras 8-31 e 8-32.

Fonte localizada na parte central do palco, conforme figura 8-20.

Tabela 8-28. Definição nos 7 pontos analisados – Sala Sotac

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | P 07 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 0,74 | 0,70 | 0,46 | 0,52 | 0,39 | 0,54 | 0,47 | 0,54 | 0,12 |
| 250 | 0,53 | 0,53 | 0,61 | 0,43 | 0,52 | 0,52 | 0,44 | 0,51 | 0,06 |
| 500 | 0,69 | 0,49 | 0,63 | 0,55 | 0,60 | 0,55 | 0,58 | 0,58 | 0,06 |
| 1000 | 0,70 | 0,71 | 0,70 | 0,61 | 0,71 | 0,71 | 0,71 | 0,69 | 0,03 |
| 2000 | 0,70 | 0,80 | 0,66 | 0,71 | 0,75 | 0,73 | 0,76 | 0,73 | 0,04 |
| 4000 | 0,69 | 0,82 | 0,74 | 0,74 | 0,80 | 0,72 | 0,80 | 0,76 | 0,04 |

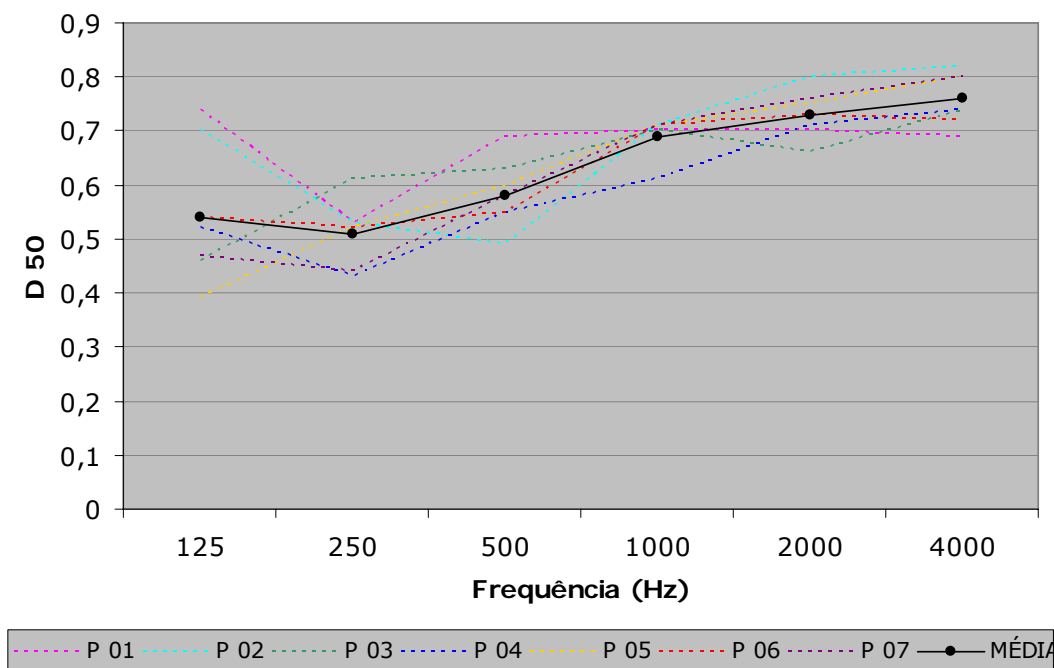


Figura 8-31. Definição da Sala Sotac

Fonte localizada na parte lateral frontal da sala, conforme figura 8-20.

Tabela 8-29. Definição nos 7 pontos analisados – Sala Sotac

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | P 07 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 0,71 | 0,93 | 0,53 | 0,55 | 0,58 | 0,86 | 0,54 | 0,67 | 0,15 |
| 250 | 0,61 | 0,83 | 0,42 | 0,48 | 0,42 | 0,57 | 0,47 | 0,54 | 0,13 |
| 500 | 0,73 | 0,83 | 0,60 | 0,47 | 0,70 | 0,61 | 0,75 | 0,67 | 0,11 |
| 1000 | 0,74 | 0,91 | 0,60 | 0,75 | 0,76 | 0,75 | 0,84 | 0,76 | 0,09 |
| 2000 | 0,84 | 0,87 | 0,71 | 0,81 | 0,83 | 0,72 | 0,87 | 0,81 | 0,06 |
| 4000 | 0,89 | 0,89 | 0,70 | 0,80 | 0,89 | 0,78 | 0,89 | 0,83 | 0,07 |

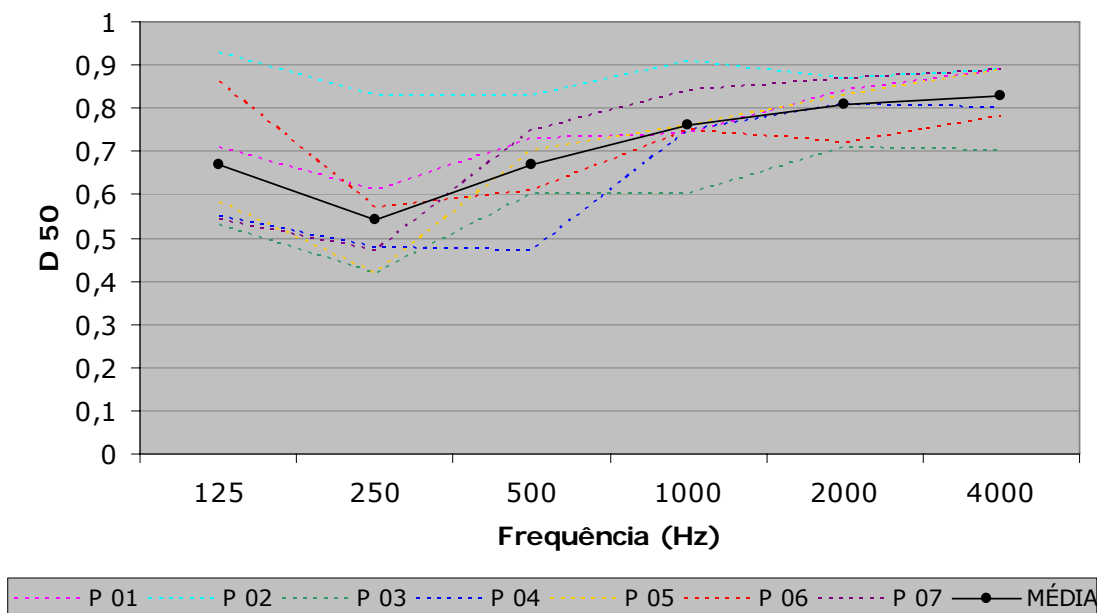


Figura 8-32. Definição da Sala Sotac

Segundo os valores ideais para palavra falada indicados por Ribeiro (2002), os valores de D_{50} devem ser acima de 0,65 em todas as frequências. Para a fonte sonora na parte central do palco, a definição só é adequada para as frequências maiores ou igual a 1000 Hz. Já para a fonte na parte lateral da sala, a definição está adequada para todas as frequências, com exceção em 250 Hz.

As posições dos ouvintes mais próximas à fonte sonora obtêm valores superiores de D_{50} . Ou seja, quanto mais próximo da fonte, maior a inteligibilidade.

i) Índice de transmissão da fala – STI “Speech Transmission Index”

A análise foi realizada com o ajuste do nível de pressão sonora em função de uma voz feminina. O índice de transmissão da fala médio é de 0,68. Este valor indica que a sala é considerada boa para a inteligibilidade da palavra falada. As medições para este parâmetro foram realizadas com a fonte sonora localizada na parte central do palco e os resultados para as diferentes posições indicadas na figura 8-20 são apresentados na tabela 8-30.

Tabela 8-30. STI nos 7 pontos analisados – Sala Sotac

| P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | P 07 | Média | Desvio padrão |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|----------------------|
| 0,69 | 0,71 | 0,69 | 0,68 | 0,68 | 0,67 | 0,67 | 0,68 | 0,01 |



Figura 8-33. Hall de acesso ao teatro

Rua Dom José I, 270
Bonfim
Campinas – SP
13070-741

Telefone (19) 3737-1500
www.sescsp.org.br

8.3 TEATRO SESC

O SESC – Serviço Social do Comércio é uma instituição de caráter privado, sem fins lucrativos e de âmbito nacional. Tem por finalidade a promoção do bem-estar social, do desenvolvimento cultural e da melhoria da qualidade da comunidade. A ação sociocultural do SESC desenvolve-se em favor do enriquecimento das experiências simbólicas e de vida, do refinamento e da sensibilidade, do bem estar físico e da adesão aos compromissos sociais, cumprindo seus objetivos sociais através de uma oferta ampla de atividades (SESC, 2006).

FICHA

- **Área Construída (sala e apoio):** 330 m²
- **Data do Projeto:** Agosto 2000
- **Data de Conclusão da Obra:**
- **Arquitetura:** Icaro de Castro Mello Arquitetura Associados S/C LTDA
- **Assessoria Acústica:** sem informação
- **Principais usos:** Teatro, cinema, dança

DADOS DA SALA

- **Volume (platéia):** Aproximadamente 508 m³
- **Largura:** 12,07 m
- **Comprimento Total:** 18,95 m (platéia + palco)
- **Altura Principal:** 4,75 m (1ª fileira)/ 2,65 (última fileira)
- **Área do Palco:** 84,07 m²
- **Capacidade:** 148 assentos (3 para deficientes físicos)
- **Volume por Assento:** 3,43 m³

MATERIAIS CONSTRUTIVOS DA SALA

- **Piso:** Carpete
- **Piso do palco:** Madeira
- **Paredes laterais próximas ao palco:** Tijolo aparente e estrutura metálica
- **Paredes laterais:** Tijolo aparente e estrutura metálica
- **Parede fundo:** Carpete
- **Forro:** Placas metálicas
- **Portas de acesso:** Madeira coberta com cortina veludo azul marinho
- **Assentos:** Tecido

b) Projeto Arquitetônico – organização interna e funcionalidade dos espaços

O teatro com capacidade para 163 pessoas tem uma programação diversificada de música, teatro, dança e também é utilizado para conferências e eventualmente cinema.

Esta sala explora o uso de diferentes materiais e apesar da volumetria ser simples, a geometria dos detalhes arquitetônicos na aplicação dos materiais faz com que técnica e estética sejam aspectos que nesta sala se relacionam.

O projeto desta sala está correlacionado com a organização dos espaços e a ambientação para serem direcionados adequadamente para servir o homem. A sala possui uma boa estrutura de apoio. A figura 8-35 mostra imagens do interior da sala.



Figura 8-35. Interior do teatro SESC

Apesar de toda preocupação dos projetistas em isolar a sala de atividades ruidosas, ainda se ouvem ruídos de salas adjacentes (por exemplo: professora de hidroginástica dando instruções aos alunos ou ainda instalações sanitárias), apesar de separadas por corredores.

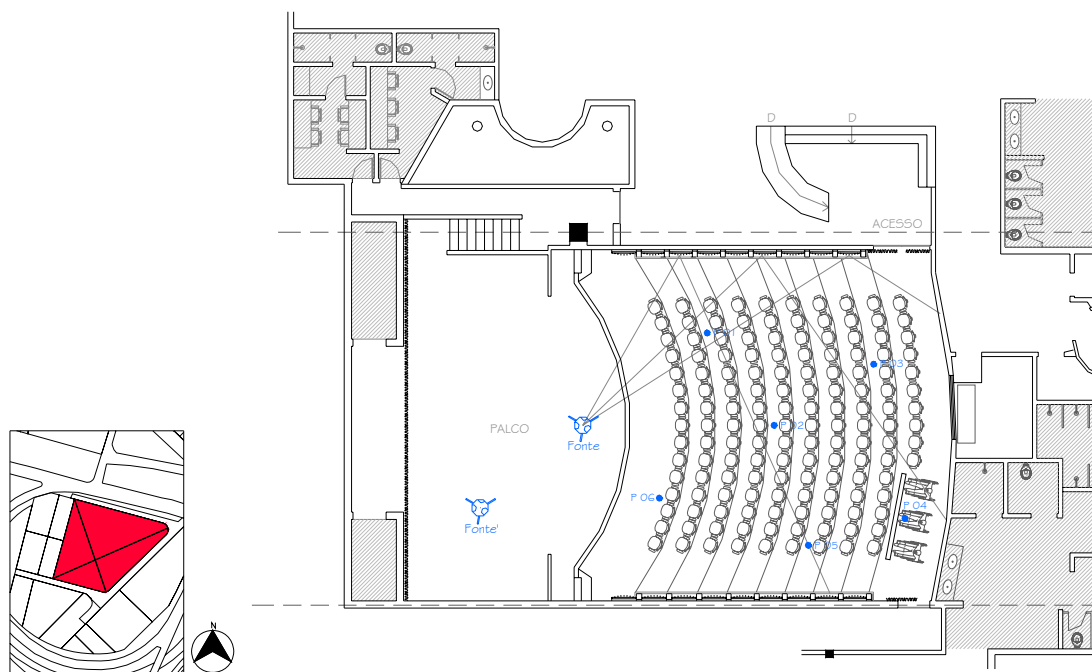


Figura 8-36. Planta – sem escala

| | | | | |
|---------|--|-------------------|--|-----------------|
| LEGENDA | | Pontos de medição | | Locais ruidosos |
|---------|--|-------------------|--|-----------------|

O acesso à sala acontece por um grande hall que contém um bar e funciona também como centro de distribuição dos serviços de apoio. Há acesso fácil e três assentos reservados aos deficientes físicos, apesar destes se localizarem na parte do fundo da sala.

Houve um aproveitamento da região mais nobre da sala, acusticamente e visualmente, ou seja, a não existência de um corredor central.

Os camarins são grandes e setorizados. Como são locais ruidosos, a presença de corredores intermediários ajuda a não interferência sonora para a platéia.

Através da figura 8-37 é possível verificar que os elementos refletoras que formam o forro ajudam a direcionar os raios sonoros para o fundo da platéia, assim como a forma das paredes laterais.

O material absorvente da parede dos fundos foi colocado de forma eficiente, pois fazem com que os sons não retornem ao ambiente de forma inadequada.

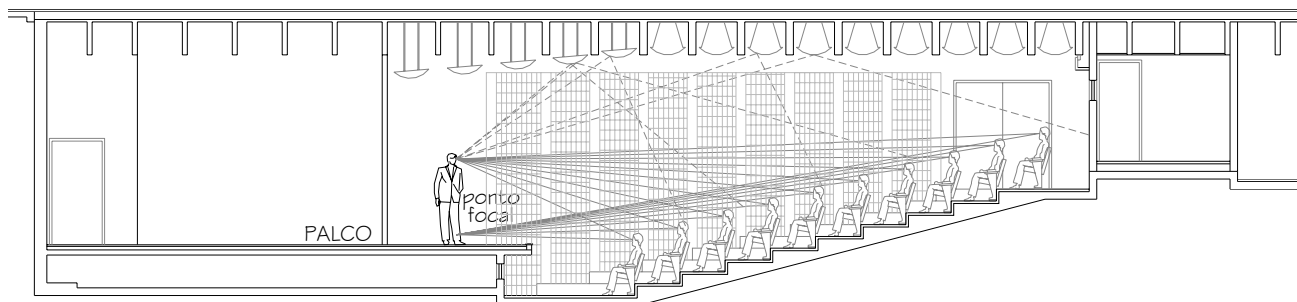


Figura 8-37. Corte AA – sem escala

O escalonamento do piso contribui para uma melhor visualização do palco e, por conseguinte da inteligibilidade da palavra falada.

8.3.2 – Parâmetros Acústicos

a) Nível de Pressão Sonora – NPS (dB)

O ruído de fundo da sala foi medido em função da frequência e os resultados dos níveis de pressão sonora (NPS) são apresentados na tabela 8-31. Na figura 8-38 estão indicados os valores de nível de pressão sonora (NPS) em função da frequência e a comparação com os valores recomendados pela norma NBR 10152 (1987).

Tabela 8-31. Nível de Pressão Sonora da sala do SESC

| Frequência (Hz) | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
|------------------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| NPS (dB) | 18,1 | 16,2 | 15,7 | 16,2 | 14,2 | 11,8 | 10,2 |

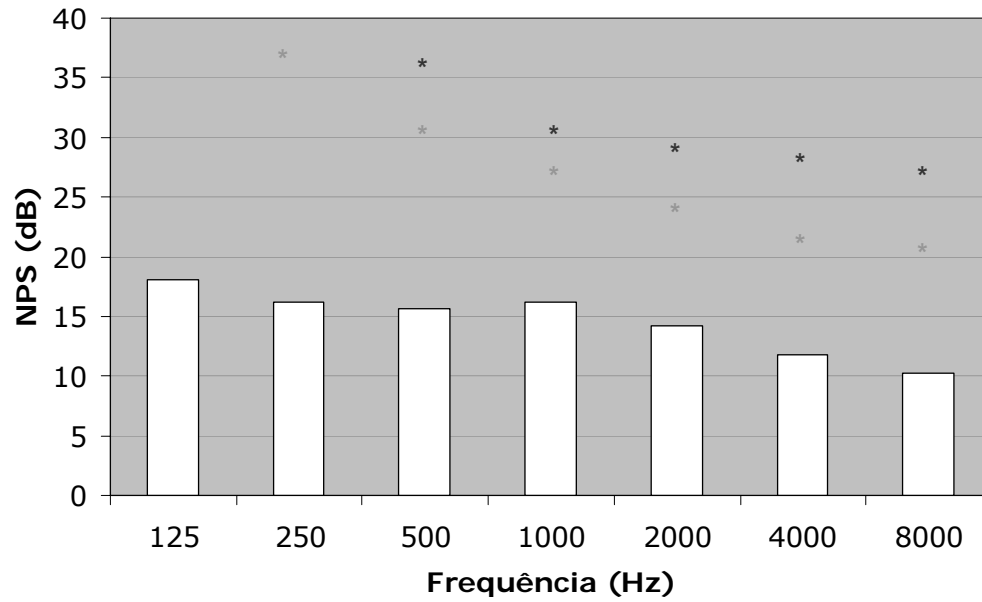


Figura 8-38. Espectro Sonoro do teatro SESC

* NC 25 – representa o nível sonoro para o conforto de teatros, segundo a NBR 10152

* NC 30 – representa o nível sonoro aceitável para a finalidade, segundo a NBR 10152

O nível sonoro global em dB e dB(A) característicos do espectro medido é de 23,7 dB e 21,1 dB(A), respectivamente. O valor em dB(A) indica que a sala está de acordo com a norma brasileira NBR 10152 (1987).

b) NC

A classificação de NC 20 da sala foi analisada através dos níveis de pressão sonora em função da frequência e indicam que a sala está de acordo com a norma NBR 10152 (1987), em relação ao nível de ruído de fundo.

c) SIL

O valor de SIL é 14,5 dB, indicando através de um prolongamento do gráfico proposto por Mehta, Johnson e Rocafort (1999), que o orador pode falar num tom de voz normal que o ouvinte o entenderá com clareza em todos os pontos da sala. As distâncias entre orador-

ouvinte são necessárias para a avaliação do tom de voz do orador necessário para um claro entendimento. As distâncias são apresentadas nas tabelas 8-32 e 8-33.

Tabela 8-32. Distância em planta (m) entre fonte e receptor (pontos analisados)

| Ponto 01 | Ponto 02 | Ponto 03 | Ponto 04 | Ponto 05 | Ponto 06 |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 5,35 | 6,60 | 10,30 | 11,60 | 8,85 | 3,65 |

Tabela 8-33. Distância em planta (m) entre fonte' e receptor (pontos analisados)

| Ponto 01 | Ponto 02 | Ponto 03 | Ponto 04 | Ponto 05 | Ponto 06 |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 9,90 | 10,55 | 14,50 | 14,70 | 11,45 | 6,20 |

d) Tempo de Reverberação – TR (s)

O tempo de reverberação foi medido em função da frequência nos pontos indicados na figura 8-36. Os valores são apresentados nas tabelas 8-34 e 8-35 e para uma melhor visualização nos gráficos 8-39 e 8-40.

Fonte localizada na parte central do palco, conforme figura 8-36.

Tabela 8-34. Tempo de Reverberação (s) nos 6 pontos analisados – Teatro SESC

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 0,87 | 0,79 | 0,89 | 0,71 | 0,76 | 0,86 | 0,81 | 0,06 |
| 250 | 0,53 | 0,64 | 0,61 | 0,62 | 0,58 | 0,53 | 0,59 | 0,06 |
| 500 | 0,52 | 0,57 | 0,52 | 0,52 | 0,52 | 0,47 | 0,52 | 0,03 |
| 1000 | 0,52 | 0,50 | 0,53 | 0,53 | 0,52 | 0,51 | 0,52 | 0,01 |
| 2000 | 0,56 | 0,60 | 0,58 | 0,59 | 0,57 | 0,55 | 0,58 | 0,02 |
| 4000 | 0,50 | 0,55 | 0,54 | 0,56 | 0,53 | 0,48 | 0,53 | 0,03 |
| 8000 | 0,45 | 0,46 | 0,48 | 0,49 | 0,47 | 0,44 | 0,47 | 0,02 |

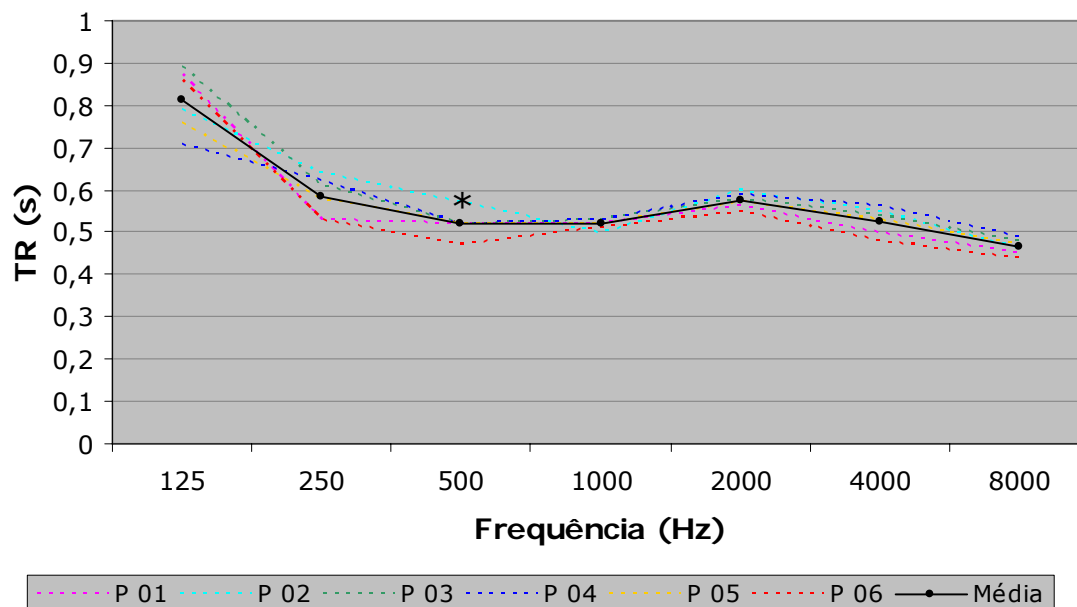


Figura 8-39. Tempo de Reverberação do Teatro SESC

(*) Tempo ótimo de Reverberação (Tot), em segundos, para a freqüência de 500 Hz, segundo o gráfico proposto por Mehta, Johnson & Rocafort (1999).

Fonte localizada na parte lateral frontal da sala, conforme figura 8-36.

Tabela 8-35. Tempo de Reverberação (s) nos 6 pontos analisados – Teatro SESC

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 0,84 | 0,81 | 0,73 | 0,79 | 0,86 | 0,87 | 0,82 | 0,05 |
| 250 | 0,58 | 0,59 | 0,56 | 0,58 | 0,60 | 0,61 | 0,59 | 0,02 |
| 500 | 0,51 | 0,51 | 0,53 | 0,53 | 0,51 | 0,51 | 0,52 | 0,01 |
| 1000 | 0,50 | 0,49 | 0,51 | 0,48 | 0,51 | 0,49 | 0,50 | 0,01 |
| 2000 | 0,52 | 0,52 | 0,56 | 0,56 | 0,57 | 0,50 | 0,54 | 0,03 |
| 4000 | 0,50 | 0,52 | 0,52 | 0,53 | 0,53 | 0,48 | 0,51 | 0,02 |
| 8000 | 0,44 | 0,45 | 0,46 | 0,46 | 0,46 | 0,43 | 0,45 | 0,01 |

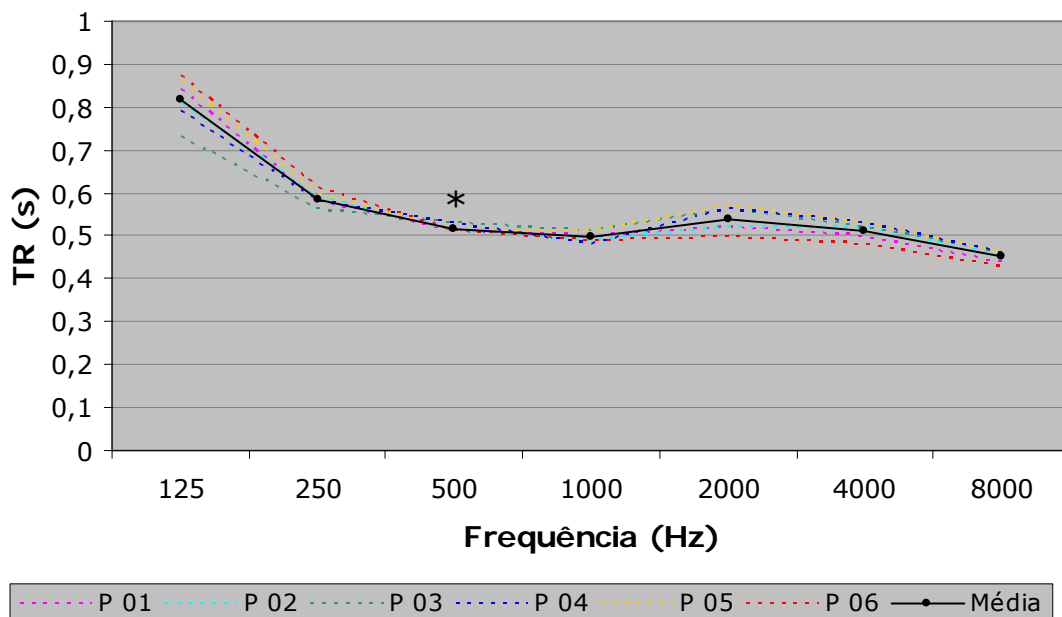


Figura 8-40. Tempo de reverberação do Teatro SESC

(*) Tempo ótimo de Reverberação (Tot), em segundos, para a frequência de 500 Hz, segundo o gráfico proposto por Mehta, Johnson & Rocafort (1999).

Os valores encontrados indicam que o comportamento do tempo de reverberação independe da posição do ouvinte e sim das características da sala. A elevação na frequência de 125 Hz é comum em avaliações de salas, pois são mais difíceis de controlar.

Para a frequência de 500 Hz, o tempo de reverberação desta sala está de acordo com o valor do tempo ótimo de reverberação (Tot) proposto por Mehta, Johnson e Rocafort (1999), já que o valor de Tot tem tolerância de 10%.

e) Tempo de decaimento inicial – EDT (s) “Early Decay Time”

O tempo de decaimento inicial foi medido em todas as posições marcadas na figura 8-36 e os resultados são apresentados nas tabelas 8-36 e 8-37. Para uma melhor visualização, os resultados foram apresentados nos gráficos das figuras 8-41 e 8-42.

Fonte localizada na parte central do palco, conforme figura 8-36.

Tabela 8-36. EDT (s) nos 6 pontos analisados – Teatro SESC

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 0,46 | 0,81 | 0,58 | 1,04 | 0,72 | 0,78 | 0,73 | 0,18 |
| 250 | 0,65 | 0,54 | 0,44 | 0,57 | 0,68 | 0,52 | 0,57 | 0,08 |
| 500 | 0,45 | 0,48 | 0,58 | 0,56 | 0,55 | 0,58 | 0,53 | 0,05 |
| 1000 | 0,43 | 0,52 | 0,50 | 0,55 | 0,52 | 0,35 | 0,48 | 0,07 |
| 2000 | 0,45 | 0,51 | 0,52 | 0,50 | 0,52 | 0,44 | 0,49 | 0,03 |
| 4000 | 0,44 | 0,49 | 0,50 | 0,47 | 0,53 | 0,38 | 0,47 | 0,05 |
| 8000 | 0,39 | 0,44 | 0,41 | 0,41 | 0,42 | 0,35 | 0,40 | 0,03 |

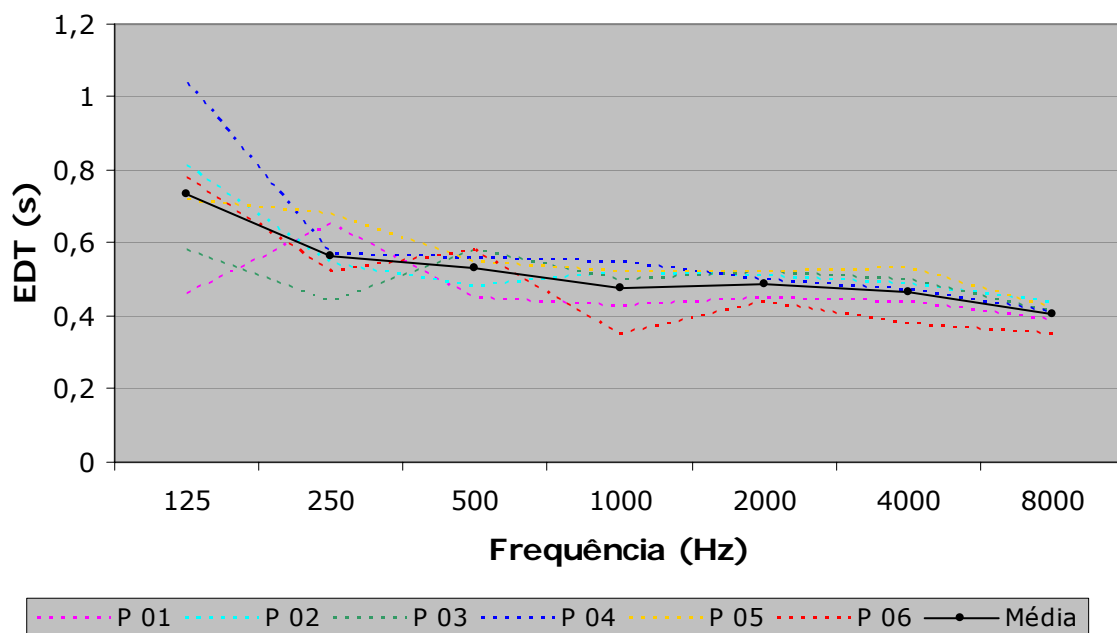


Figura 8-41. EDT do Teatro SESC

O comportamento e os valores de EDT em função da frequência são muito similares ao tempo de reverberação medidos no teatro Sesc. Uma elevação em 125 Hz e uma resposta praticamente plana entre 250 a 4000 Hz.

Fonte localizada na parte lateral frontal da sala, conforme figura 8-36.

Tabela 8-37. EDT (s) nos 6 pontos analisados – Teatro SESC

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 0,53 | 0,66 | 0,84 | 0,71 | 0,82 | 0,69 | 0,71 | 0,10 |
| 250 | 0,56 | 0,47 | 0,63 | 0,43 | 0,65 | 0,45 | 0,53 | 0,09 |
| 500 | 0,40 | 0,48 | 0,49 | 0,65 | 0,48 | 0,52 | 0,50 | 0,07 |
| 1000 | 0,44 | 0,47 | 0,54 | 0,47 | 0,42 | 0,43 | 0,46 | 0,04 |
| 2000 | 0,48 | 0,51 | 0,41 | 0,34 | 0,45 | 0,52 | 0,45 | 0,06 |
| 4000 | 0,47 | 0,45 | 0,48 | 0,45 | 0,44 | 0,40 | 0,45 | 0,03 |
| 8000 | 0,30 | 0,33 | 0,36 | 0,32 | 0,41 | 0,37 | 0,35 | 0,04 |

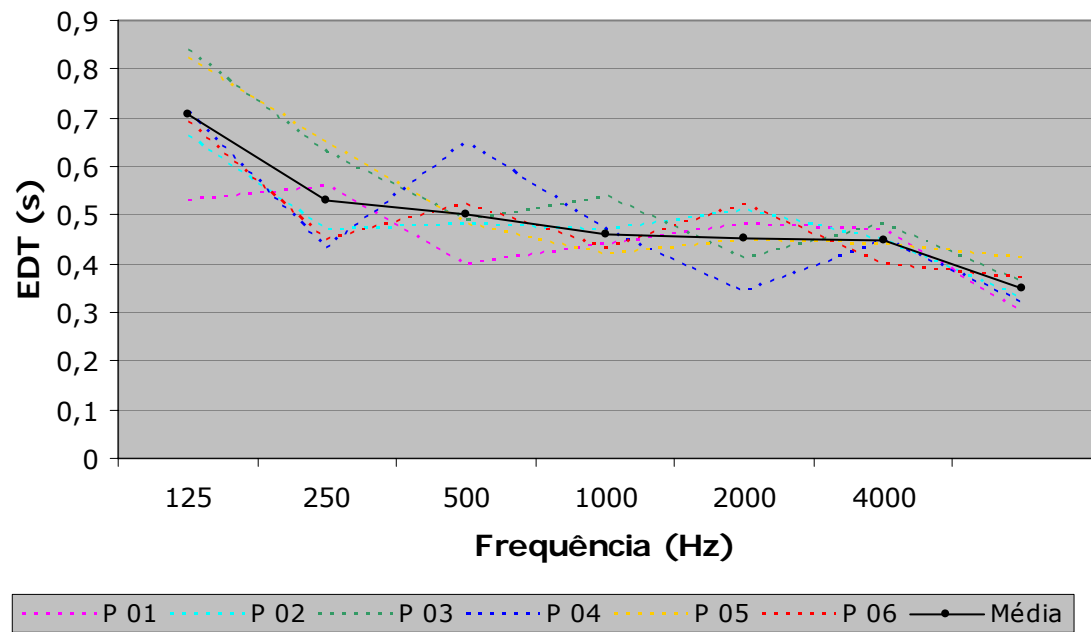


Figura 8-42. EDT do Teatro SESC

Para a posição da fonte sonora na parte lateral do palco, o comportamento do EDT também é similar ao tempo de reverberação, porém houve pequenas divergências em relação ao comportamento das posições do ouvinte.

Segundo Granado (2002) o valor ideal para o EDT deve ser menor do que 1 segundo. Sendo assim, esta sala está de acordo para este parâmetro, independentemente das possíveis posições de fonte sonora e ouvintes.

f) Tempo central – Ts (ms)

As medições para a obtenção do tempo central (Ts) foram realizadas para a fonte em duas posições e seis posições de ouvintes para a faixa de frequência entre 125 a 4000 Hz, conforme figura 8-36. Os resultados estão indicados nas tabelas 8-38 e 8-39 e nos gráficos das figuras 8-43 e 8-44.

Fonte localizada na parte central do palco, conforme figura 8-36.

Tabela 8-38. Tempo central (ms) nos 6 pontos analisados – Teatro SESC

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 38,6 | 62,3 | 63,7 | 81,2 | 53,5 | 46,8 | 57,6 | 13,61 |
| 250 | 37,1 | 30,7 | 48,2 | 48,1 | 41,1 | 34,7 | 39,9 | 6,55 |
| 500 | 29,1 | 30,9 | 32,3 | 41,3 | 31,0 | 37,1 | 33,6 | 4,23 |
| 1000 | 27,3 | 31,8 | 35,2 | 37,4 | 32,6 | 25,9 | 31,7 | 4,05 |
| 2000 | 32,1 | 38,8 | 40,1 | 36,4 | 38,1 | 24,9 | 35,0 | 5,20 |
| 4000 | 31,4 | 36,4 | 32,2 | 32,5 | 31,5 | 18,2 | 30,3 | 5,70 |

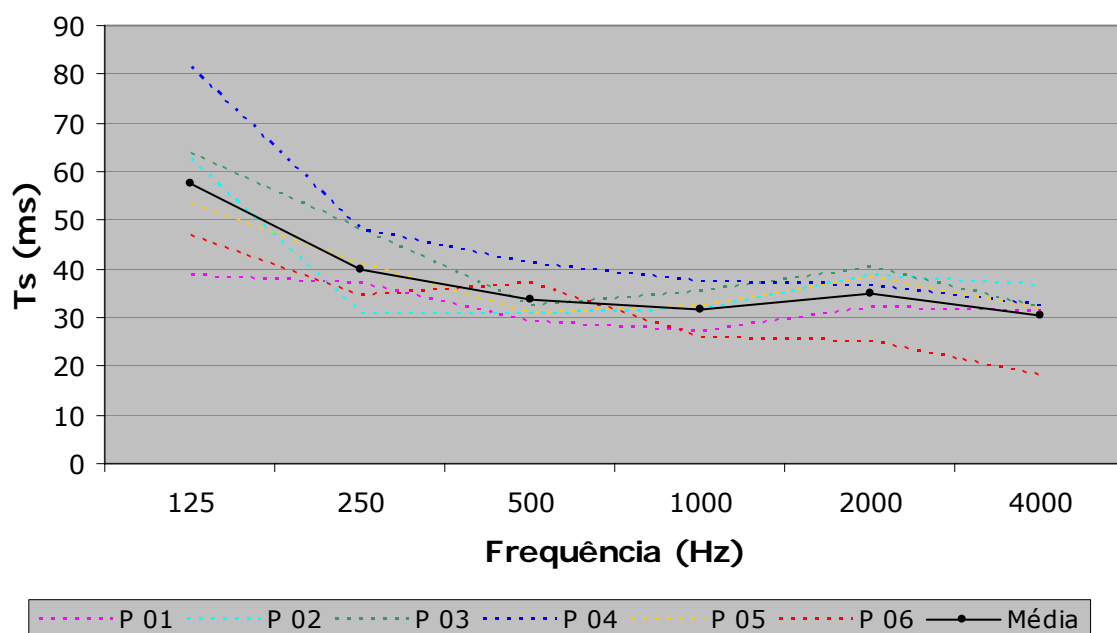


Figura 8-43. Tempo Central do Teatro SESC

Fonte localizada na parte lateral frontal da sala, conforme figura 8-36.

| Tabela 8-39. Tempo central (ms) nos 6 pontos analisados – Teatro SESC | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | Médias | Desvio padrão |
| 125 | 49,3 | 56,4 | 64,9 | 58,7 | 62,4 | 56,0 | 57,95 | 4,99 |
| 250 | 38,4 | 41,2 | 45,6 | 33,1 | 47,6 | 31,9 | 39,63 | 5,85 |
| 500 | 30,3 | 31,0 | 32,5 | 38,5 | 24,6 | 26,7 | 30,60 | 4,42 |
| 1000 | 33,8 | 29,9 | 33,5 | 30,8 | 26,1 | 23,5 | 29,60 | 3,74 |
| 2000 | 33,1 | 35,2 | 34,3 | 28,9 | 28,4 | 18,8 | 29,78 | 5,54 |
| 4000 | 30,6 | 32,0 | 32,5 | 30,6 | 27,1 | 15,9 | 28,12 | 5,73 |

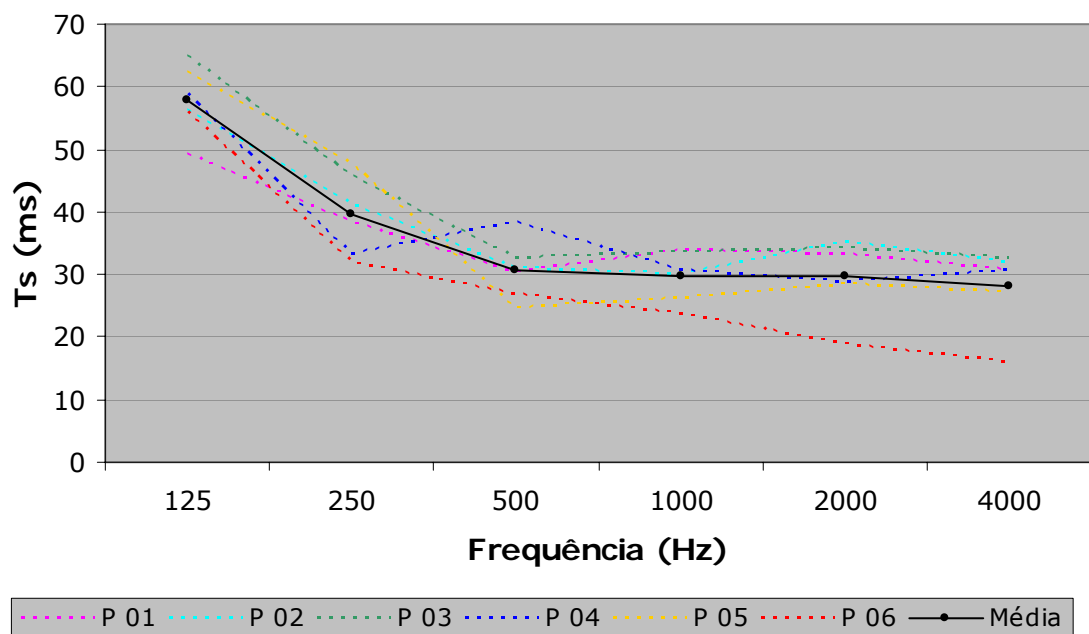


Figura 8-44. Tempo central do Teatro SESC

Segundo Ribeiro (2002), os valores de Ts devem ser inferiores a 80 ms. Os gráficos dos valores de Ts do teatro SESC indicam que para as posições mais distantes, os valores de Ts, principalmente nas baixas frequências, são maiores.

Para as duas posições de fonte, o comportamento dos valores em relação à frequência é similar, apesar de que para a fonte localizada na parte central do palco os valores são ligeiramente superiores, assim como os resultados do tempo de reverberação e do tempo de decaimento inicial.

g) Clareza – C_{80} (dB)

A clareza (C_{80}) foi medida em seis pontos do teatro para duas posições de fonte sonora, conforme indicado na figura 8-36. Os resultados são apresentados nas tabelas 8-40 e 8-41 e nas figuras 8-45 e 8-46.

Fonte localizada na parte central do palco, conforme figura 8-36.

Tabela 8-40. Clareza (dB) nos 6 pontos analisados – Teatro SESC

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | Médias | Desvio padrão |
|------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|--------|---------------|
| 125 | 10,65 | 4,67 | 6,17 | 1,88 | 6,05 | 6,57 | 6,00 | 2,61 |
| 250 | 8,60 | 10,02 | 10,15 | 7,09 | 7,67 | 9,64 | 8,86 | 1,17 |
| 500 | 10,28 | 11,02 | 9,23 | 7,88 | 8,98 | 8,92 | 9,39 | 1,01 |
| 1000 | 11,53 | 9,72 | 9,38 | 8,12 | 10,07 | 12,76 | 10,26 | 1,50 |
| 2000 | 10,29 | 8,99 | 8,57 | 8,77 | 8,88 | 11,68 | 9,53 | 1,11 |
| 4000 | 10,72 | 9,19 | 9,71 | 9,72 | 9,46 | 13,41 | 10,37 | 1,44 |

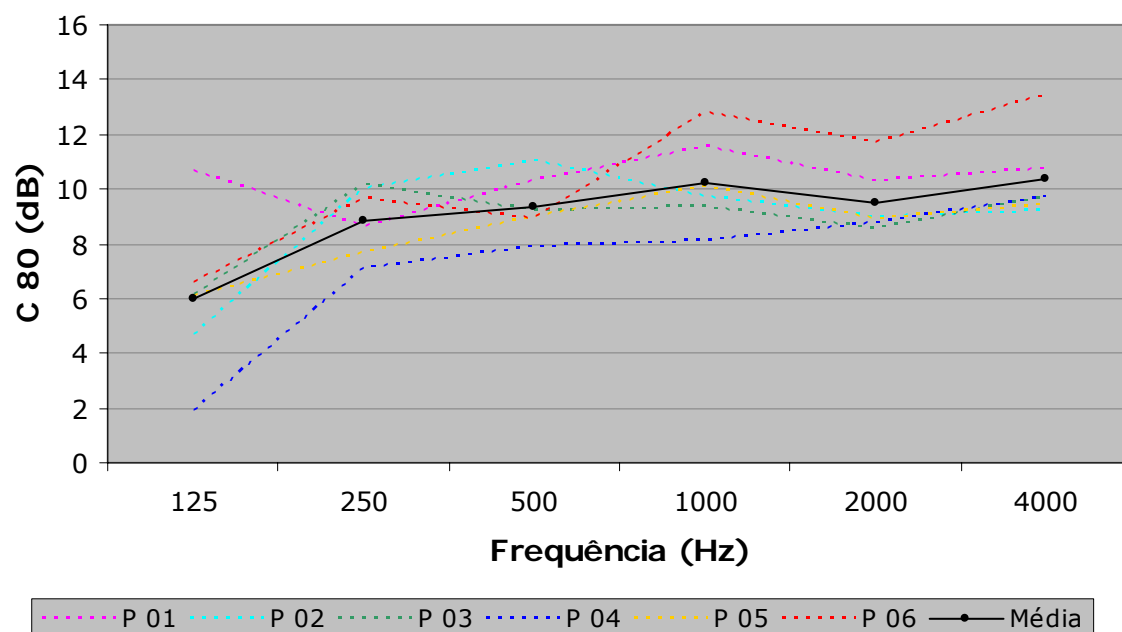


Figura 8-45. Clareza do Teatro SESC

Fonte localizada na parte lateral frontal da sala, conforme figura 8-36.

Tabela 8-41. Clareza (dB) nos 6 pontos analisados – Teatro SESC

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | Médias | Desvio padrão |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|---------------|
| 125 | 7,94 | 6,95 | 5,56 | 6,18 | 4,86 | 6,06 | 6,26 | 0,98 |
| 250 | 8,69 | 10,46 | 7,13 | 11,72 | 5,48 | 10,24 | 8,95 | 2,12 |
| 500 | 10,79 | 10,32 | 9,72 | 7,63 | 10,65 | 10,67 | 9,96 | 1,10 |
| 1000 | 10,89 | 10,31 | 9,09 | 9,95 | 11,30 | 11,61 | 10,53 | 0,85 |
| 2000 | 9,53 | 9,28 | 10,26 | 11,20 | 11,24 | 11,59 | 10,52 | 0,89 |
| 4000 | 10,95 | 10,24 | 9,83 | 10,23 | 11,03 | 13,77 | 11,01 | 1,30 |

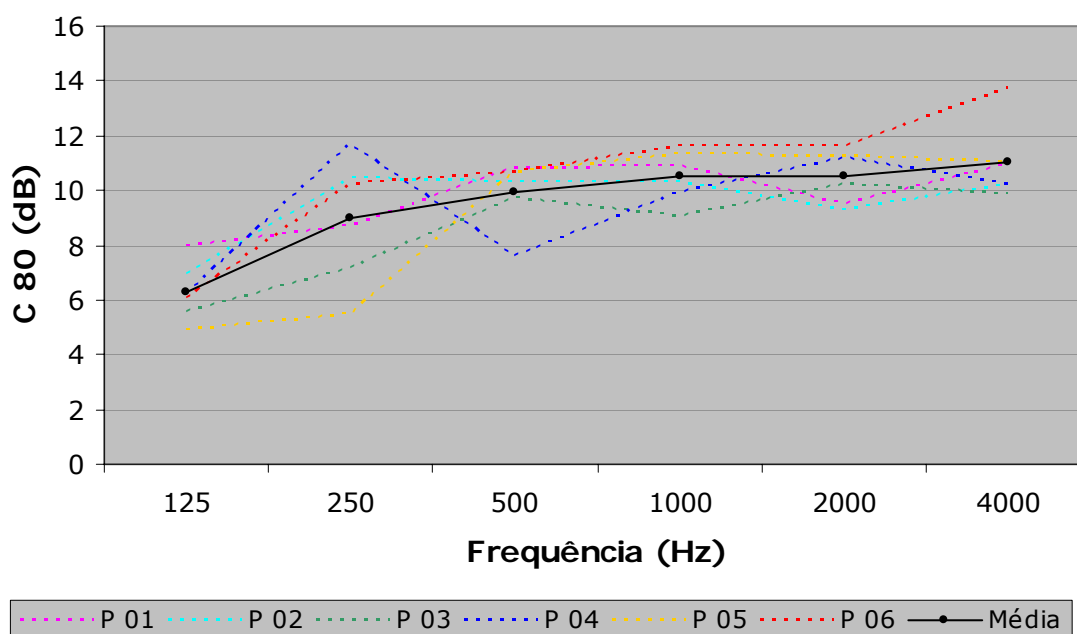


Figura 8-46. Clareza do Teatro SESC

O comportamento de C_{80} nas duas posições da fonte sonora é muito semelhante e indica que a sala é considerada com uma boa clareza no entendimento, segundo Gomes, Ribeiro e Aquino (2004), o qual recomenda valores superiores a 6 dB.

Os melhores resultados estão nas médias e altas frequências e para as posições de ouvinte mais próximas à fonte sonora, os valores são superiores.

h) Definição – D_{50}

Definição (D_{50}) são as reflexões que atingem o ouvinte até 50 ms após a chegada do som direto e com isso auxiliam a audibilidade sonora. Os resultados são apresentados nas tabelas 8-42 e 8-43 e nas figuras 8-47 e 8-48.

Fonte localizada na parte central do palco, conforme figura 8-36.

Tabela 8-42. Definição nos 6 pontos analisados – Teatro SESC

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 0,81 | 0,53 | 0,49 | 0,51 | 0,76 | 0,71 | 0,64 | 0,13 |
| 250 | 0,73 | 0,85 | 0,72 | 0,71 | 0,77 | 0,75 | 0,76 | 0,05 |
| 500 | 0,81 | 0,81 | 0,77 | 0,72 | 0,84 | 0,71 | 0,78 | 0,05 |
| 1000 | 0,83 | 0,77 | 0,79 | 0,76 | 0,78 | 0,87 | 0,80 | 0,04 |
| 2000 | 0,78 | 0,69 | 0,70 | 0,79 | 0,72 | 0,85 | 0,76 | 0,06 |
| 4000 | 0,80 | 0,73 | 0,78 | 0,79 | 0,78 | 0,90 | 0,80 | 0,05 |

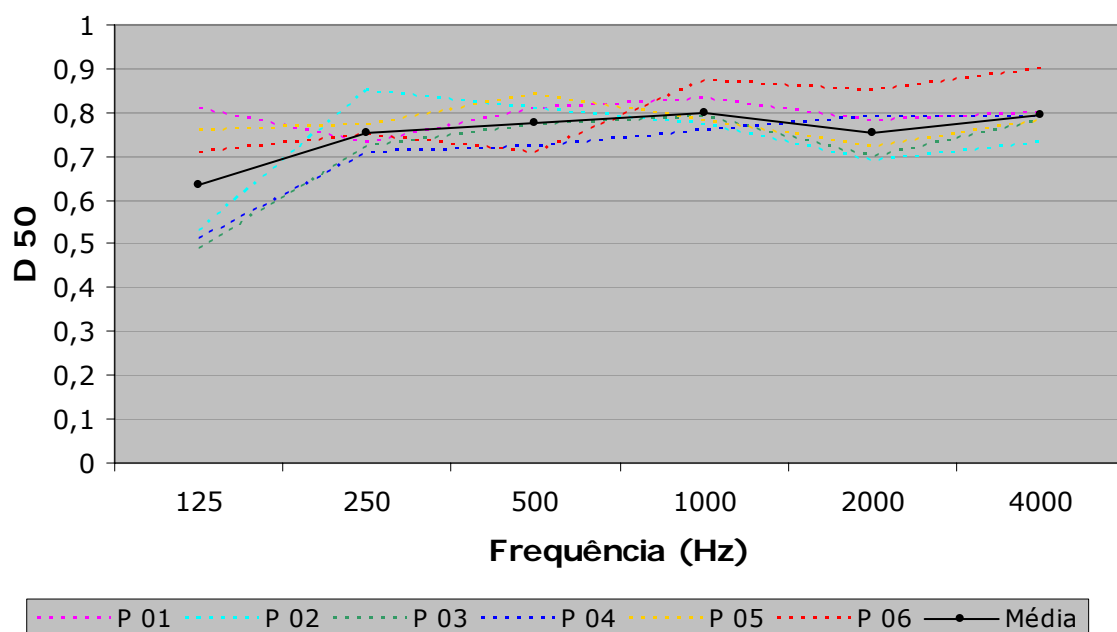


Figura 8-47. Definição do Teatro SESC

Fonte localizada na parte lateral frontal da sala, conforme figura 8-36.

Tabela 8-43. Definição nos 6 pontos analisados – Teatro SESC

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 0,67 | 0,74 | 0,54 | 0,69 | 0,61 | 0,60 | 0,64 | 0,07 |
| 250 | 0,74 | 0,76 | 0,70 | 0,82 | 0,69 | 0,86 | 0,76 | 0,06 |
| 500 | 0,86 | 0,82 | 0,81 | 0,77 | 0,86 | 0,83 | 0,83 | 0,03 |
| 1000 | 0,80 | 0,81 | 0,78 | 0,80 | 0,84 | 0,86 | 0,82 | 0,03 |
| 2000 | 0,79 | 0,75 | 0,80 | 0,85 | 0,84 | 0,87 | 0,82 | 0,04 |
| 4000 | 0,79 | 0,79 | 0,80 | 0,82 | 0,83 | 0,91 | 0,82 | 0,04 |

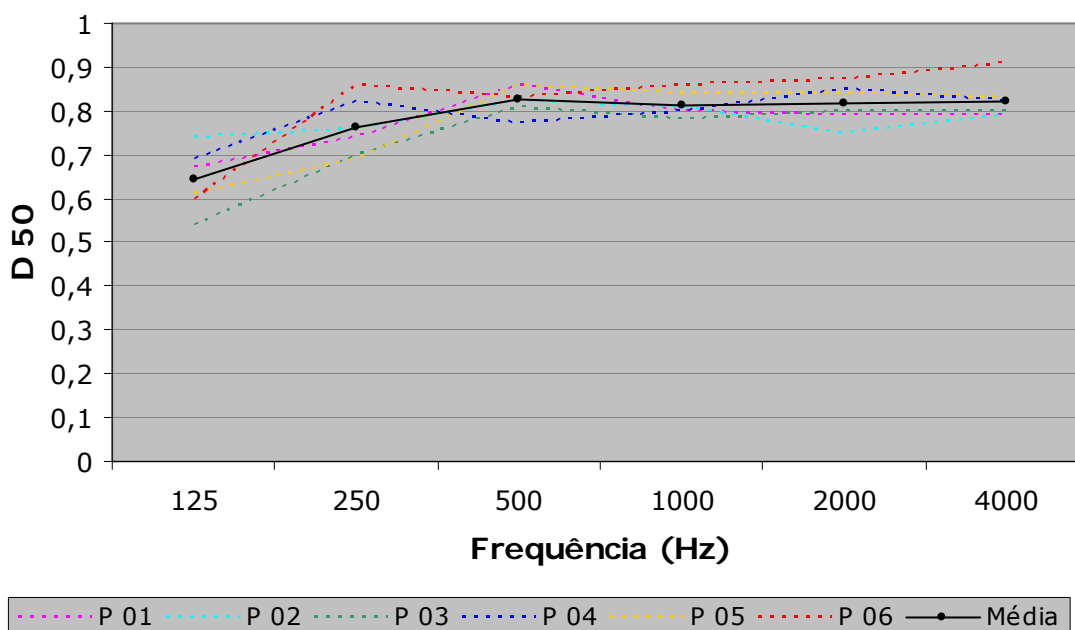


Figura 8-48. Definição do Teatro SESC

Os valores de D_{50} , segundo Ribeiro (2002), devem ser superiores ou iguais a 0,65. Este parâmetro está relacionado com a inteligibilidade da palavra falada.

Os resultados de D_{50} para o teatro SESC indicam que esta sala tem uma boa inteligibilidade. O comportamento semelhante para as diferentes posições de fonte e ouvinte demonstra que não há posições desfavorecidas.

i) Índice de transmissão da fala – STI “Speech Transmission Index”

O índice de transmissão sonora do teatro SESC, para uma fonte do sexo feminino, tem como média 0,58, indicando que a sala é considerada razoável no que diz respeito a inteligibilidade da palavra falada.

A medição foi realizada somente com a fonte sonora na posição central do palco, conforme indicado na figura 8-36. Os valores encontrados se devem à presença de materiais absorventes no piso, em partes das paredes laterais, nas paredes do fundo e nas poltronas. Apesar do valor encontrado, é importante mencionar que a estética, a volumetria e principalmente o conforto, nos induzem a uma avaliação subjetivamente melhor ou pior em relação à sala como um todo.

Tabela 8-44. STI nos 6 pontos analisados – Teatro SESC

| P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | Média | Desvio padrão |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|----------------------|
| 0,63 | 0,55 | 0,53 | 0,52 | 0,59 | 0,66 | 0,58 | 0,05 |



Figura 8-49. Maquete

Rua Regente Feijó, 1087
Centro
Campinas – SP
13013-050

Telefone (19) 3232-9959

8.4 TEATRO EVOLUÇÃO

O prédio do centro cultural Evolução foi projetado por Ramos de Azevedo no final do século 19 para ser a residência do Barão de Ataliba Nogueira. Também foi sede do Hotel Vitória na década de 20 e, entre os anos 90 e 95, abrigou o Centro Cultural Vitória. O imóvel tornou-se patrimônio cultural tombado pelo Conselho de Defesa do Patrimônio Artístico e Cultural de Campinas (Condepacc) em 1990. O espaço total da área é de 1.200 m², que estão distribuídos em duas salas de teatro, um cinema, um espaço para galerias de arte, uma lanchonete, um café, além de espaço para oficinas, palestras e cursos (CENTRO DO CORAÇÃO, 2003).

FICHA

- **Área Construída (centro cultural):** 1200 m²
- **Data do Projeto:** século 19
- **Data de Conclusão da Obra:** século 19
- **Arquitetura:** Ramos de Azevedo
- **Assessoria Acústica:** sem informação
- **Principais usos (sala):** Teatro

DADOS DA SALA

- **Volume:** Aproximadamente 760 m³
- **Largura:** 9,60 m
- **Comprimento Total:** 13,52 m
- **Altura Principal:** 5,65 m
- **Área do Palco:** 55,22 m²
- **Capacidade:** 147 pessoas
- **Volume por Assento:** 5,17 m³

MATERIAIS CONSTRUTIVOS DA SALA

- **Piso:** Madeira
- **Piso do palco:** Madeira
- **Paredes laterais próximas ao palco:** Alvenaria pintada de preto
- **Paredes laterais:** Alvenaria pintada de preto
- **Parede fundo:** Alvenaria pintada de preto
- **Forro:** Madeira
- **Portas de acesso:** Madeira
- **Assentos:** Madeira e couro sintético

Apesar dessa caracterização comercial, ainda existem muitas edificações de uso misto, residencial e comercial, o que intensifica o movimento noturno, que tende a ser fraco em regiões centrais.

b) Projeto Arquitetônico – organização interna e funcionalidade dos espaços

A edificação não foi construída para abrigar um centro cultural, é uma adaptação de uma grande residência.

A sala avaliada abriga 147 lugares e o acesso ao vestíbulo acontece por uma pequena porta de madeira através do ambiente reservado ao café do centro cultural.

O acesso à sala é pequeno e não possui tratamento eficiente de isolamento. O vestíbulo é separado somente por uma cortina. Quanto ao mezanino, o acesso acontece pelo exterior da sala. O baixo pé-direito do mezanino, a presença de vigas a aproximadamente 1,50m de altura na passagem, a aparente estrutura frágil, faz com que os lugares sejam pouco agradáveis. A figura 8-51 apresenta fotos do interior da sala.



Figura 8-51. Interior do Teatro Evolução

O uso de tabladros de madeira para a platéia faz com que o ruído de impacto não seja amortecido com os passos. A estrutura não é rígida e proporciona barulhos com o movimento da platéia.

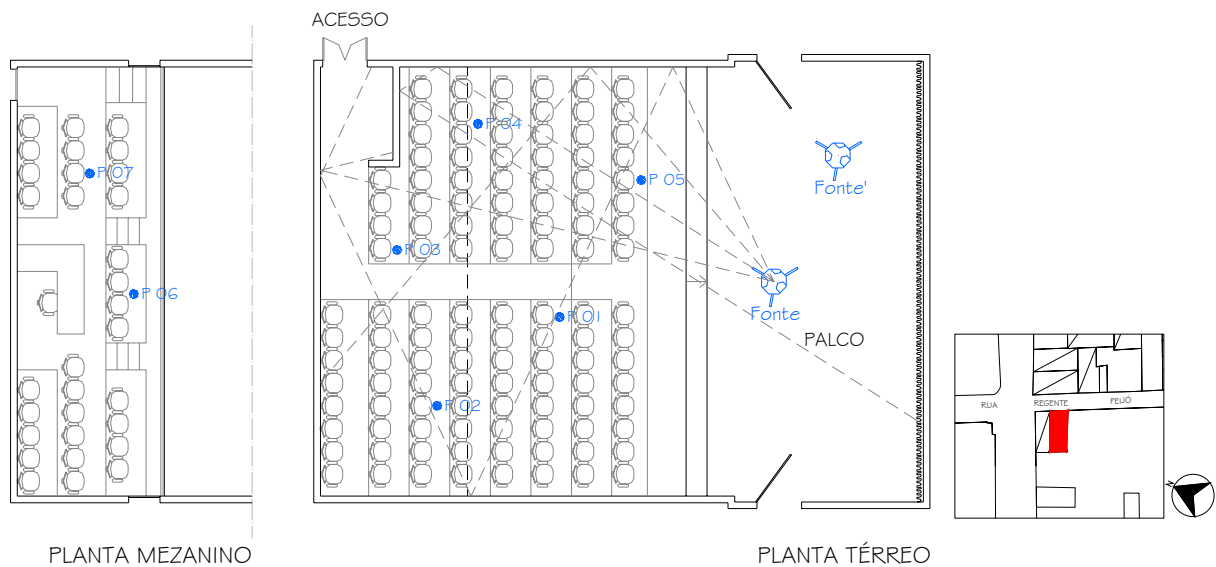


Figura 8-52. Planta do mezanino e térreo – sem escala

A planta é retangular e praticamente simétrica e ortogonal, conforme figura 8-52. Não existe uma solução acústica projetual, mesmo porque trata-se de uma adaptação.

O corte indicado pela figura 8-53 mostra a pequena inclinação da platéia onde alguns lugares têm certo um prejuízo visual e também prejuízo com a energia sonora do som direto.

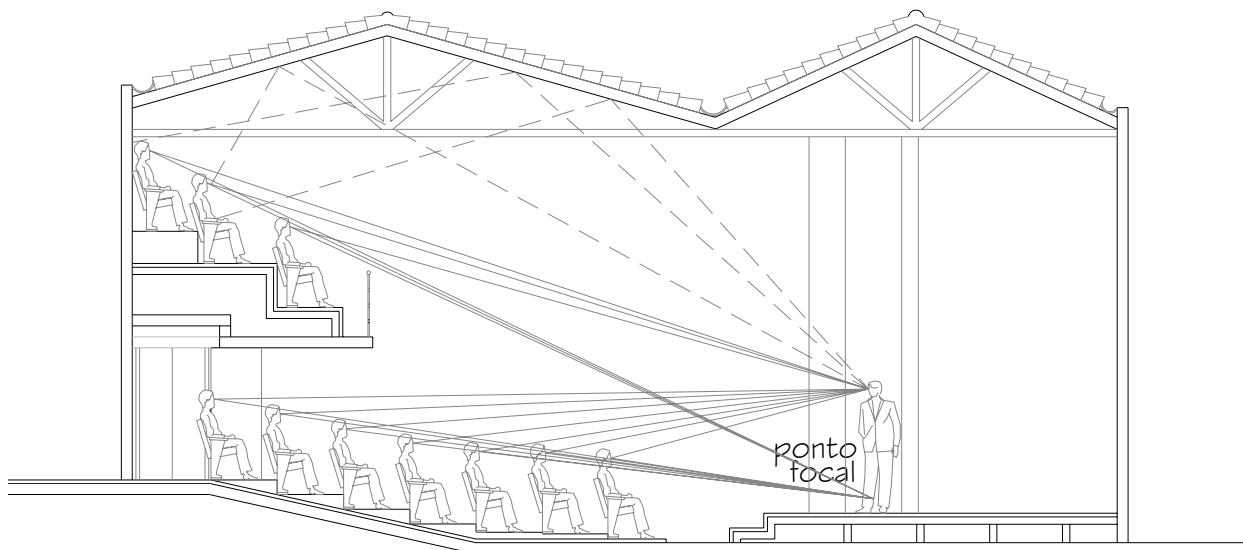


Figura 8-53. Corte Esquemático AA – sem escala

7.2.2 – Parâmetros Acústicos

a) Nível de Pressão Sonora – NPS (dB)

O ruído de fundo da sala foi medido e os resultados dos níveis de pressão sonora (NPS) em função da frequência estão apresentados na tabela 8-45 e no gráfico da figura 8-54. Os asteriscos representam as curvas de avaliação de ruído (NC) recomendadas pela norma NBR 10152 (1987).

Tabela 8-45. Nível de Pressão Sonora do Teatro Evolução

| Frequência (Hz) | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|
| NPS (dB) | 45,7 | 38,2 | 31,0 | 27,1 | 22,1 | 17,2 | 14,0 |

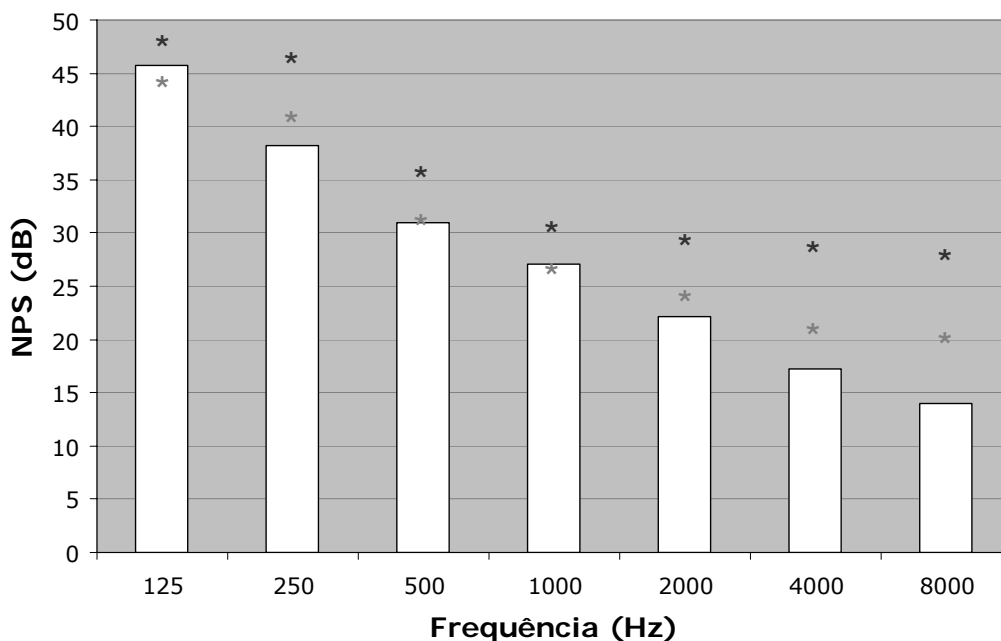


Figura 8-54. Espectro Sonoro do Teatro Evolução

* NC 25 – representa o nível sonoro para o conforto de teatros, segundo a NBR 10152

* NC 30 – representa o nível sonoro aceitável para a finalidade, segundo a NBR 10152

O nível sonoro global em dB e dB(A) característicos do espectro medido é de 46,6 dB e 35,0 dB(A), respectivamente. Este resultado indica que esta sala está de acordo com a norma NBR 10152 (1987) em relação ao nível sonoro global.

b) NC

A classificação de NC 30 da sala foi analisada através dos níveis de pressão sonora em função da frequência e indicam que a sala está de acordo com a norma NBR 10152 (1987), em relação ao nível de ruído de fundo.

c) SIL

O valor de SIL é 24,3 dB, indicando através de um prolongamento do gráfico proposto por Mehta, Johnson e Rocafort (1999), que o orador pode falar num tom de voz normal que o ouvinte o entenderá com clareza em todos os pontos da sala.

A distância entre orador – ouvinte é um fator a ser analisado no gráfico juntamente com o valor de SIL e as tabelas 8-46 e 8-47 indicam estes valores de acordo com figura 8-52.

Tabela 8-46. Distância em planta (m) entre fonte e receptor (pontos analisados)

| Ponto 01 | Ponto 02 | Ponto 03 | Ponto 04 | Ponto 05 | Ponto 06 | Ponto 07 |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 4,90 | 8,05 | 8,50 | 7,55 | 3,75 | 8,10 | 9,40 |

Tabela 8-47. Distância em planta (m) entre fonte' e receptor (pontos analisados)

| Ponto 01 | Ponto 02 | Ponto 03 | Ponto 04 | Ponto 05 | Ponto 06 | Ponto 07 |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 7,25 | 10,60 | 10,15 | 8,10 | 4,45 | 9,90 | 10,00 |

d) Tempo de Reverberação – TR (s)

O tempo de reverberação foi medido em função da frequência em sete pontos da sala para duas posições da fonte sonora, conforme figura 8-52. Os resultados são apresentados nas tabelas 8-48 e 8-49 e nas figuras 8-55 e 8-56 para uma melhor visualização.

Fonte localizada na parte central do palco, conforme figura 8-52.

Tabela 8-48. Tempo de Reverberação (s) nos 7 pontos analisados – Teatro Evolução

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | P 07 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 0,54 | 0,64 | 0,59 | 0,54 | 0,61 | 0,55 | 0,49 | 0,57 | 0,05 |
| 250 | 0,61 | 0,53 | 0,53 | 0,59 | 0,54 | 0,53 | 0,56 | 0,56 | 0,03 |
| 500 | 0,76 | 0,69 | 0,69 | 0,70 | 0,72 | 0,69 | 0,65 | 0,70 | 0,03 |
| 1000 | 0,89 | 0,82 | 0,80 | 0,91 | 0,81 | 0,79 | 0,79 | 0,83 | 0,05 |
| 2000 | 0,95 | 0,90 | 0,89 | 0,96 | 0,86 | 0,86 | 0,85 | 0,90 | 0,04 |
| 4000 | 0,90 | 0,84 | 0,83 | 0,84 | 0,83 | 0,80 | 0,81 | 0,84 | 0,03 |
| 8000 | 0,74 | 0,65 | 0,66 | 0,65 | 0,67 | 0,68 | 0,67 | 0,67 | 0,03 |

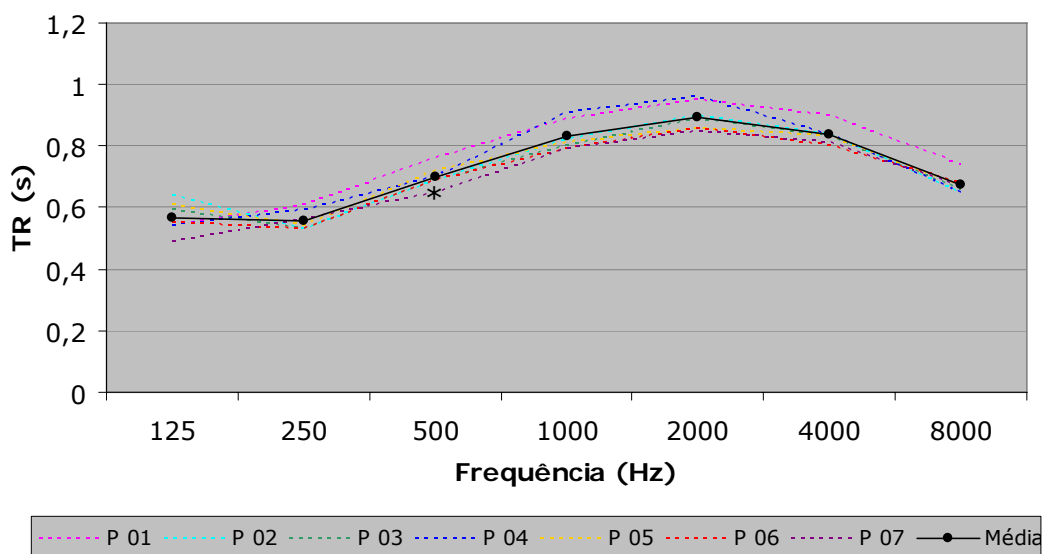


Figura 8-55. Tempo de Reverberação do Teatro Evolução

(*) Tempo ótimo de Reverberação (Tot), em segundos, para a frequência de 500 Hz, segundo o gráfico proposto por Mehta, Johnson & Rocafort (1999).

Fonte localizada na parte lateral frontal da sala, conforme figura 8-52.

Tabela 8-49. Tempo de Reverberação (s) nos 7 pontos analisados – Teatro Evolução

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | P 07 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 0,58 | 0,52 | 0,57 | 0,62 | 0,53 | 0,62 | 0,54 | 0,57 | 0,04 |
| 250 | 0,58 | 0,56 | 0,56 | 0,54 | 0,53 | 0,56 | 0,61 | 0,56 | 0,02 |
| 500 | 0,69 | 0,67 | 0,75 | 0,70 | 0,71 | 0,66 | 0,71 | 0,70 | 0,03 |
| 1000 | 0,83 | 0,85 | 0,82 | 0,85 | 0,81 | 0,80 | 0,79 | 0,82 | 0,02 |
| 2000 | 0,88 | 0,91 | 0,92 | 0,88 | 0,83 | 0,82 | 0,85 | 0,87 | 0,04 |
| 4000 | 0,84 | 0,83 | 0,84 | 0,82 | 0,80 | 0,78 | 0,80 | 0,82 | 0,02 |
| 8000 | 0,67 | 0,68 | 0,66 | 0,65 | 0,67 | 0,66 | 0,67 | 0,67 | 0,01 |

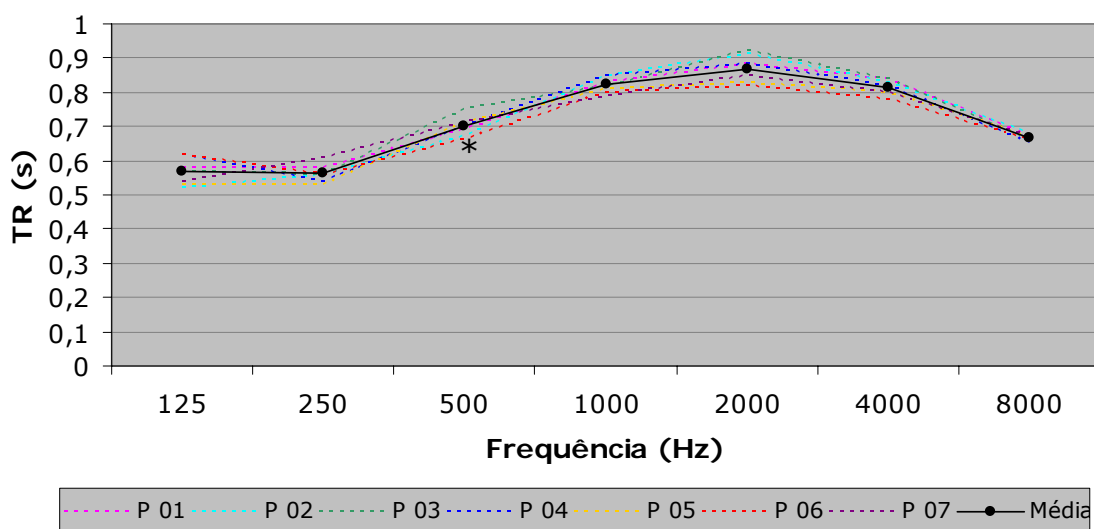


Figura 8-56. Tempo de reverberação do Teatro Evolução

(*) Tempo ótimo de Reverberação (Tot), em segundos, para a frequência de 500 Hz, segundo o gráfico proposto por Mehta, Johnson & Rocafort (1999).

Esta sala apresenta resultados particulares. As baixas frequências apresentam valores inferiores e há uma grande elevação nas médias frequências, ou seja, há uma elevação da reverberação exatamente na faixa de frequência da palavra falada. O comportamento para as duas posições de fonte é similar.

O tempo de reverberação está adequado em relação ao valor ideal recomendado por Mehta, Johnson e Rocafort (1999) para a palavra falada na frequência de 500 Hz.

e) Tempo de decaimento inicial – EDT (s) “Early Decay Time”

O tempo de decaimento inicial foi medido em sete pontos da sala para duas posições da fonte sonora, conforme figura 8-52. Os resultados são apresentados nas tabelas 8-50 e 8-51 e nas figuras 8-57 e 8-58.

Fonte localizada na parte central do palco, conforme figura 8-52.

Tabela 8-50. EDT (s) nos 7 pontos analisados – Teatro Evolução

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | P 07 | Médias | Desvio padrão |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|----------------------|
| 125 | 0,49 | 0,47 | 0,70 | 0,66 | 0,41 | 0,42 | 0,33 | 0,50 | 0,13 |
| 250 | 0,62 | 0,65 | 0,71 | 0,62 | 0,53 | 0,56 | 0,35 | 0,58 | 0,11 |
| 500 | 0,72 | 0,67 | 0,77 | 0,67 | 0,74 | 0,60 | 0,57 | 0,68 | 0,07 |
| 1000 | 0,89 | 0,77 | 0,72 | 0,77 | 0,76 | 0,82 | 0,76 | 0,78 | 0,05 |
| 2000 | 0,92 | 0,82 | 0,83 | 0,75 | 0,76 | 0,82 | 0,79 | 0,81 | 0,05 |
| 4000 | 0,87 | 0,82 | 0,85 | 0,82 | 0,79 | 0,75 | 0,72 | 0,80 | 0,05 |
| 8000 | 0,74 | 0,70 | 0,68 | 0,69 | 0,62 | 0,65 | 0,60 | 0,67 | 0,04 |

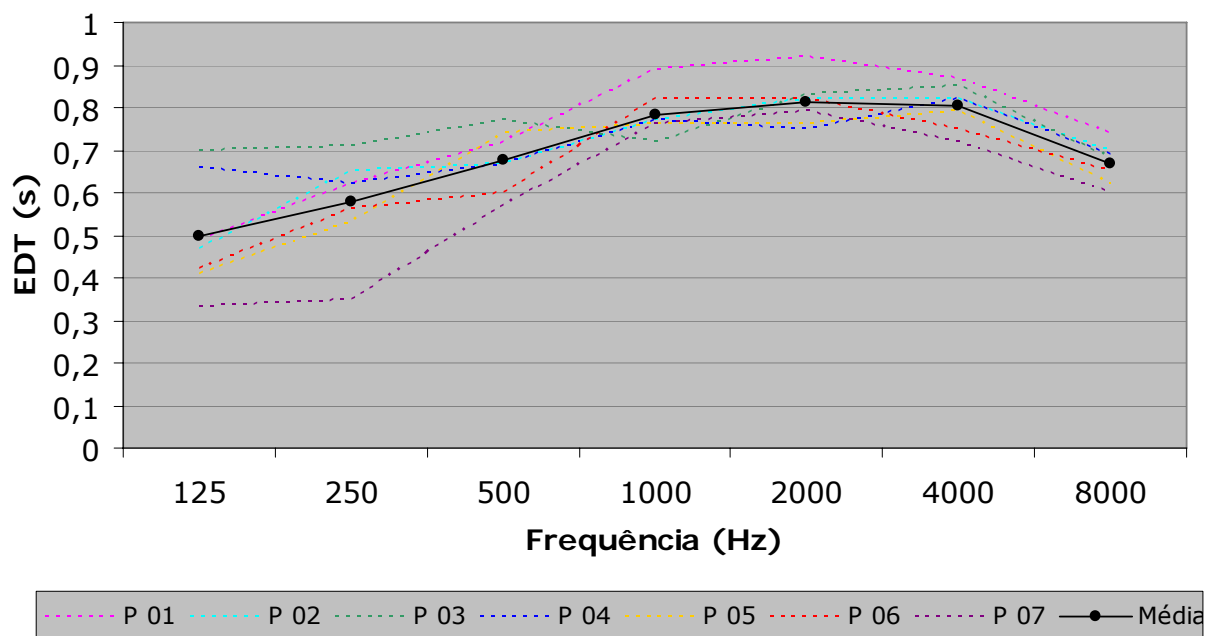


Figura 8-57. EDT do Teatro Evolução

Fonte localizada na parte lateral frontal da sala, conforme figura 8-52.

Tabela 8-58. EDT (s) nos 7 pontos analisados – Teatro Evolução

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | P 07 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 0,63 | 0,53 | 0,36 | 0,39 | 0,42 | 0,30 | 0,65 | 0,47 | 0,13 |
| 250 | 0,64 | 0,67 | 0,66 | 0,80 | 0,50 | 0,38 | 0,78 | 0,63 | 0,14 |
| 500 | 0,63 | 0,90 | 0,71 | 0,72 | 0,62 | 0,61 | 0,68 | 0,70 | 0,09 |
| 1000 | 0,74 | 0,80 | 0,83 | 0,83 | 0,79 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,03 |
| 2000 | 0,87 | 0,90 | 0,90 | 0,80 | 0,83 | 0,79 | 0,82 | 0,84 | 0,04 |
| 4000 | 0,83 | 0,83 | 0,80 | 0,75 | 0,84 | 0,81 | 0,69 | 0,79 | 0,05 |
| 8000 | 0,70 | 0,69 | 0,69 | 0,72 | 0,60 | 0,62 | 0,62 | 0,66 | 0,04 |

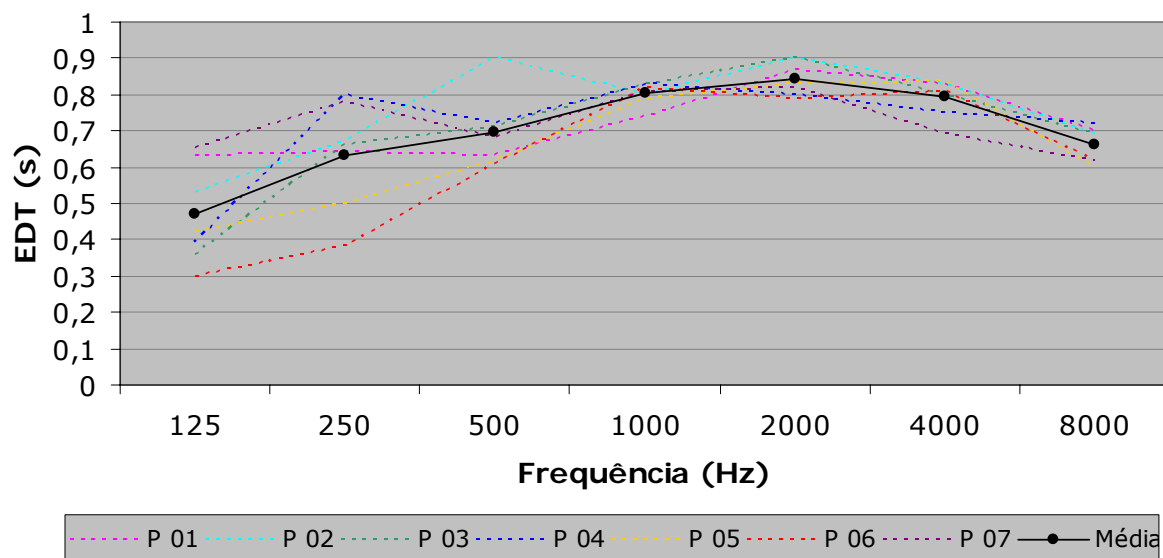


Figura 8-51. EDT do Teatro Evolução

Os valores de EDT são ligeiramente inferiores e acompanham o comportamento do tempo de reverberação.

Segundo Granado (2002) o valor ideal de EDT deve ser abaixo de 1 segundo. Levando esta informação em consideração, esta sala está adequada para este parâmetro.

f) Tempo central – T_s (ms)

O tempo central foi medido nas duas posições de fonte conforme figura 8-52. Os resultados são apresentados nas tabelas 8-52 e 8-53 e nas figuras 8-59 e 8-60.

Fonte localizada na parte central do palco, conforme figura 8-52.

Tabela 8-52. Tempo Central (ms) nos 7 pontos analisados – Teatro Evolução

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | P 07 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 54,2 | 51,5 | 82,5 | 62,9 | 39,8 | 39,1 | 31,4 | 51,6 | 16,00 |
| 250 | 49,9 | 47,5 | 56,5 | 46,7 | 40,0 | 42,2 | 33,4 | 45,2 | 6,89 |
| 500 | 45,8 | 47,3 | 48,2 | 45,1 | 41,8 | 48,7 | 46,8 | 46,2 | 2,16 |
| 1000 | 62,2 | 53,6 | 54,0 | 55,2 | 54,2 | 57,6 | 55,5 | 56,0 | 2,80 |
| 2000 | 68,2 | 58,7 | 59,4 | 58,7 | 51,9 | 62,5 | 58,6 | 59,7 | 4,54 |
| 4000 | 57,8 | 60,2 | 59,1 | 61,7 | 44,5 | 49,9 | 51,8 | 55,0 | 5,89 |

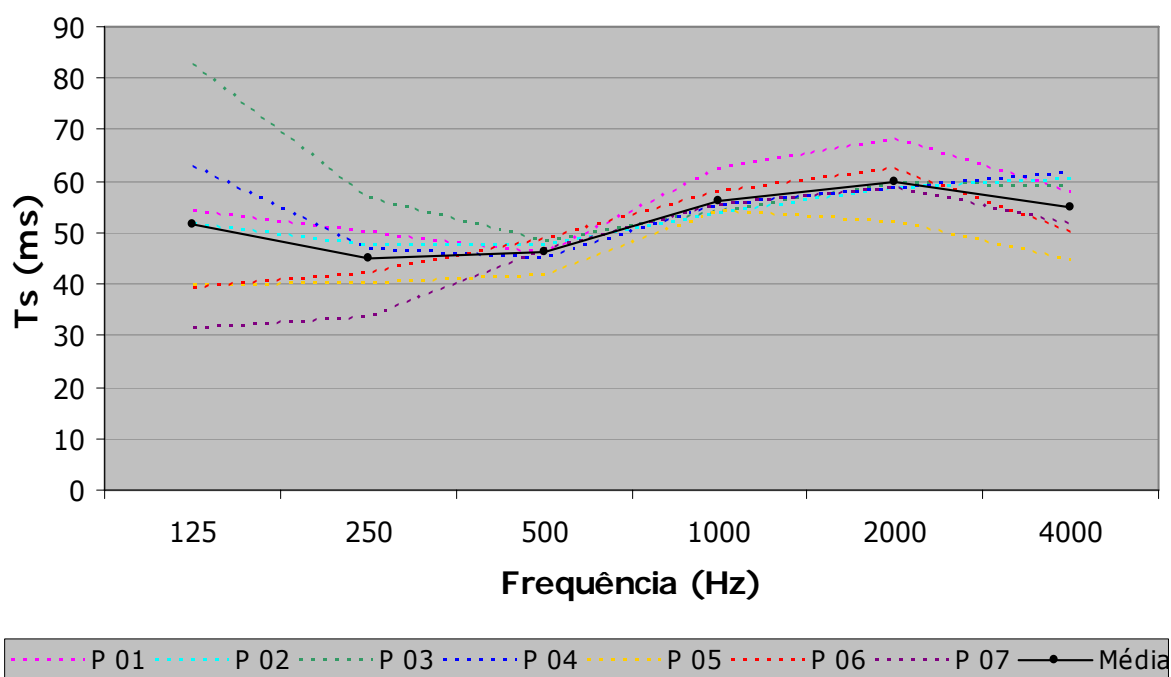


Figura 8-59. Tempo Central do Teatro Evolução

Fonte localizada na parte lateral frontal da sala, conforme figura 8-52.

| Tabela 8-53. Tempo Central (ms) nos 7 pontos analisados – Teatro Evolução | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | P 07 | Médias | Desvio padrão |
| 125 | 53,2 | 55,4 | 74,1 | 63,0 | 38,0 | 40,3 | 62,0 | 55,1 | 11,87 |
| 250 | 46,6 | 60,9 | 55,6 | 48,4 | 39,9 | 41,0 | 43,0 | 47,9 | 7,23 |
| 500 | 48,6 | 55,8 | 46,1 | 29,7 | 49,0 | 49,2 | 43,2 | 45,9 | 7,52 |
| 1000 | 55,3 | 56,8 | 58,6 | 50,2 | 52,3 | 54,2 | 62,5 | 55,7 | 3,78 |
| 2000 | 66,2 | 67,2 | 67,1 | 64,1 | 48,8 | 54,1 | 55,9 | 60,5 | 6,90 |
| 4000 | 65,3 | 62,1 | 63,6 | 56,8 | 38,7 | 49,4 | 53,5 | 55,6 | 8,70 |

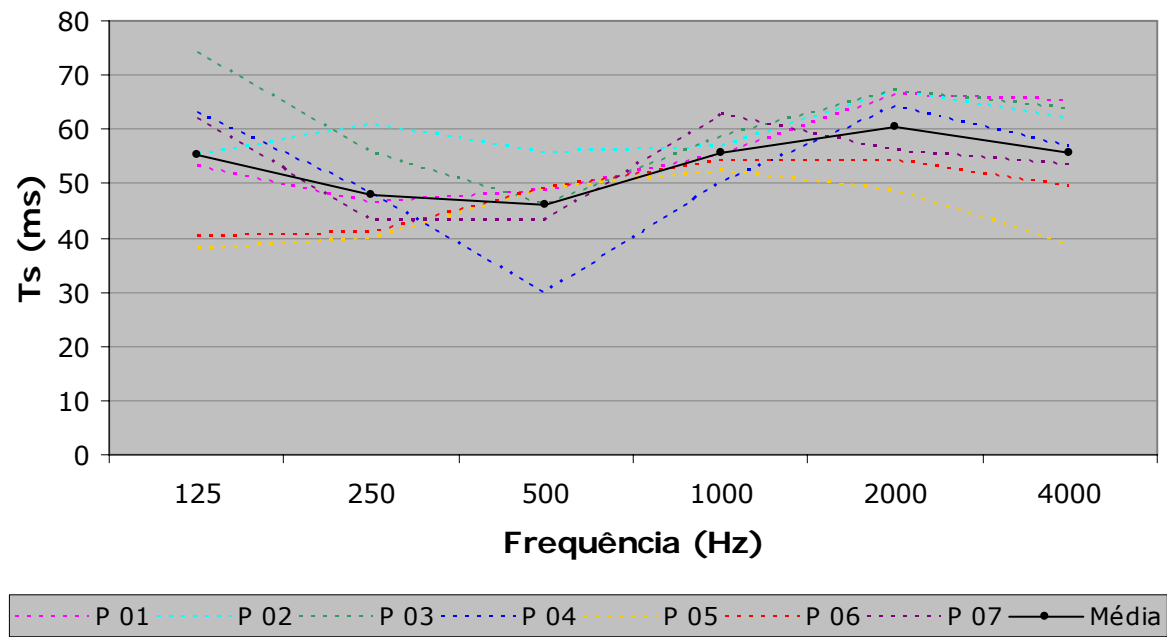


Figura 8-60. Tempo central do Teatro Evolução

Os valores de Ts estão de acordo com o valor ideal recomendado por Ribeiro (2002) no qual, devem ser menores que 80 ms.

As médias dos valores em função da frequência para as duas posições da fonte sonora possuem um comportamento e valores semelhantes.

g) Clareza – C_{80} (dB)

A clareza está mais relacionada a análises em salas para apresentações musicais, porém a análise deste parâmetro foi realizada para duas posições de fonte sonora e sete diferentes posições de ouvinte, conforme figura 8-52. Os resultados são apresentados nas tabelas 8-54 e 8-55 e nos gráficos das figuras 8-61 e 8-62.

Fonte localizada na parte central do palco, conforme figura 8-52.

Tabela 8-54. Clareza (dB) nos 7 pontos analisados – Teatro Evolução

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | P 07 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|-------|-------|--------|---------------|
| 125 | 8,61 | 8,73 | 4,22 | 4,97 | 9,47 | 13,95 | 12,13 | 8,9 | 3,25 |
| 250 | 6,88 | 7,12 | 4,52 | 7,40 | 9,21 | 8,13 | 11,26 | 7,8 | 1,94 |
| 500 | 6,88 | 6,68 | 5,26 | 6,74 | 6,16 | 7,02 | 7,21 | 6,6 | 0,61 |
| 1000 | 4,41 | 5,63 | 5,16 | 5,30 | 5,22 | 5,05 | 5,19 | 5,1 | 0,34 |
| 2000 | 3,03 | 3,97 | 4,32 | 5,05 | 5,11 | 4,68 | 4,95 | 4,4 | 0,69 |
| 4000 | 4,39 | 4,37 | 4,24 | 4,14 | 5,91 | 6,31 | 5,67 | 5,0 | 0,85 |

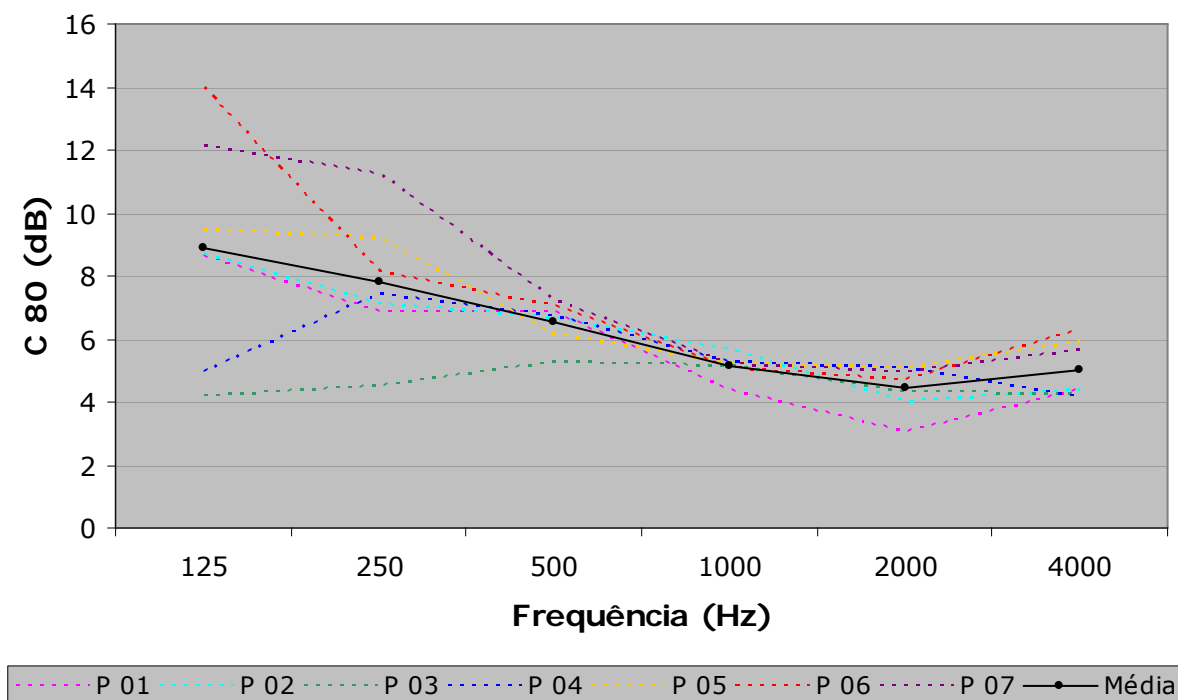


Figura 8-61. Clareza do Teatro Evolução

Fonte localizada na parte lateral frontal da sala, conforme figura 8-52.

Tabela 8-55. Clareza (dB) nos 7 pontos analisados – Teatro Evolução

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | P 07 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|-------|-------|------|--------|---------------|
| 125 | 7,09 | 7,48 | 9,57 | 9,54 | 11,13 | 10,67 | 6,96 | 8,9 | 1,60 |
| 250 | 7,54 | 3,63 | 6,73 | 6,39 | 9,54 | 12,15 | 6,08 | 7,4 | 2,52 |
| 500 | 7,11 | 4,98 | 7,34 | 9,09 | 6,93 | 7,33 | 6,90 | 7,1 | 1,11 |
| 1000 | 5,80 | 4,94 | 4,84 | 5,67 | 5,75 | 5,16 | 4,25 | 5,2 | 0,53 |
| 2000 | 4,24 | 4,02 | 3,01 | 4,01 | 5,78 | 5,18 | 5,29 | 4,5 | 0,89 |
| 4000 | 3,89 | 4,07 | 4,08 | 4,96 | 6,69 | 5,81 | 5,87 | 5,1 | 1,01 |

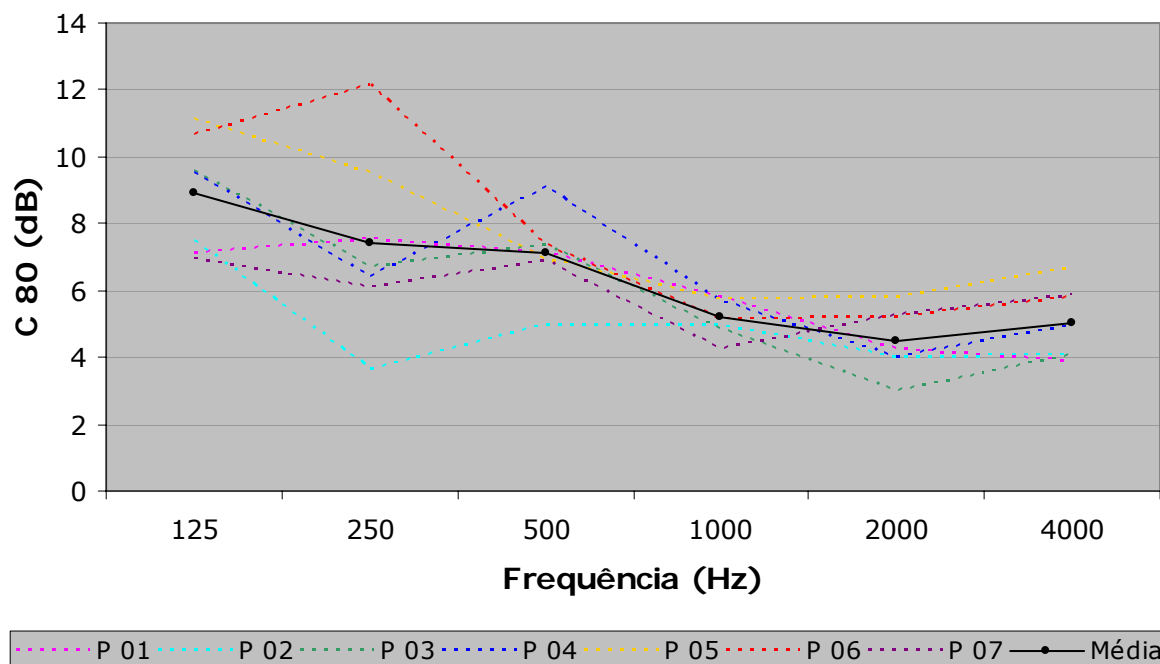


Figura 8-62. Clareza do Teatro Evolução

O comportamento desta sala para C_{80} é melhor nas baixas frequências, apesar de haver uma discrepância maior nestas frequências entre as diferentes posições de ouvinte.

Para se obter uma boa clareza os valores devem ser acima de 6 dB, segundo Gomes, Ribeiro e Aquino (2004). E com isso algumas posições avaliadas não estão de acordo, principalmente nas baixas frequências.

h) Definição – D₅₀

Definição são as reflexões que atingem o ouvinte em até 50 ms após a chegada do som direto e com isso contribuem com a audibilidade sonora. Os resultados são apresentados nas tabelas 8-56 e 8-57 e nas figuras 8-63 e 8-64.

Fonte localizada na parte central do palco, conforme figura 8-52.

Tabela 8-56. Definição nos 7 pontos analisados – Teatro Evolução

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | P 07 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 0,76 | 0,85 | 0,65 | 0,71 | 0,83 | 0,78 | 0,88 | 0,8 | 0,08 |
| 250 | 0,69 | 0,63 | 0,61 | 0,70 | 0,72 | 0,72 | 0,88 | 0,7 | 0,08 |
| 500 | 0,70 | 0,66 | 0,67 | 0,68 | 0,71 | 0,64 | 0,73 | 0,7 | 0,03 |
| 1000 | 0,54 | 0,64 | 0,64 | 0,65 | 0,61 | 0,64 | 0,63 | 0,6 | 0,04 |
| 2000 | 0,49 | 0,61 | 0,56 | 0,57 | 0,62 | 0,56 | 0,59 | 0,6 | 0,04 |
| 4000 | 0,59 | 0,55 | 0,57 | 0,53 | 0,69 | 0,65 | 0,61 | 0,6 | 0,05 |

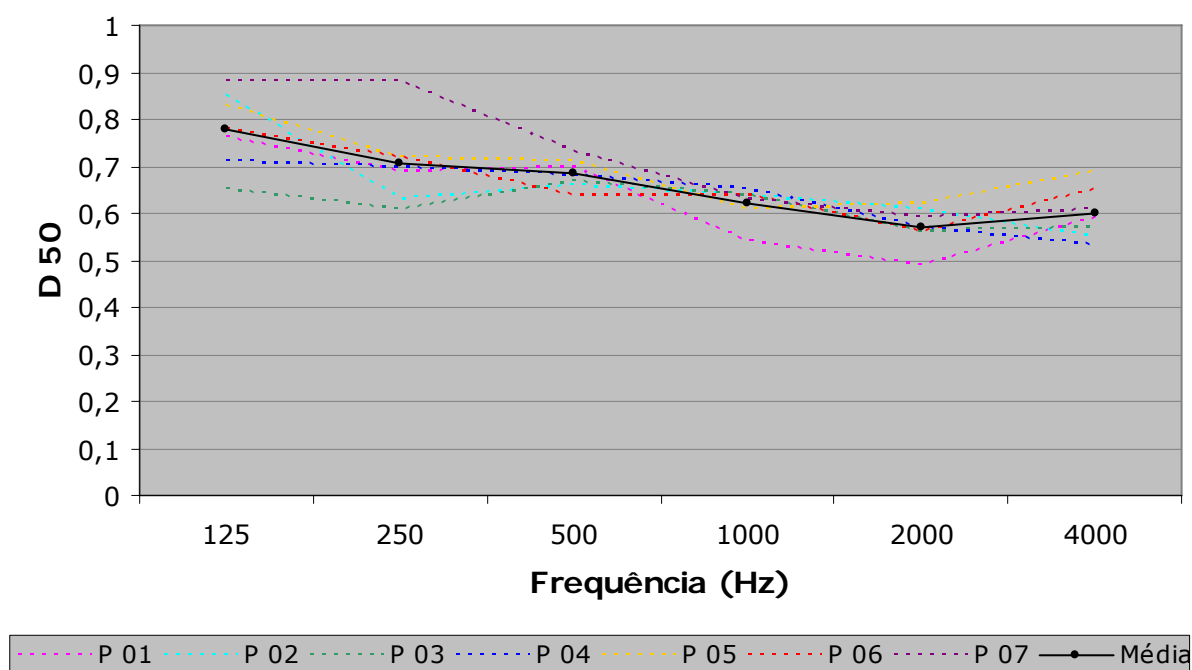


Figura 8-63. Definição do Teatro Evolução

Fonte localizada na parte lateral frontal da sala, conforme figura 8-52.

Tabela 8-57. Definição nos 7 pontos analisados – Teatro Evolução

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | P 07 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 0,76 | 0,74 | 0,64 | 0,83 | 0,84 | 0,87 | 0,70 | 0,8 | 0,08 |
| 250 | 0,67 | 0,59 | 0,65 | 0,72 | 0,71 | 0,77 | 0,68 | 0,7 | 0,05 |
| 500 | 0,63 | 0,58 | 0,69 | 0,82 | 0,64 | 0,68 | 0,73 | 0,7 | 0,07 |
| 1000 | 0,62 | 0,58 | 0,59 | 0,65 | 0,61 | 0,62 | 0,55 | 0,6 | 0,03 |
| 2000 | 0,52 | 0,51 | 0,52 | 0,51 | 0,65 | 0,60 | 0,62 | 0,6 | 0,06 |
| 4000 | 0,51 | 0,53 | 0,48 | 0,59 | 0,72 | 0,64 | 0,63 | 0,6 | 0,08 |

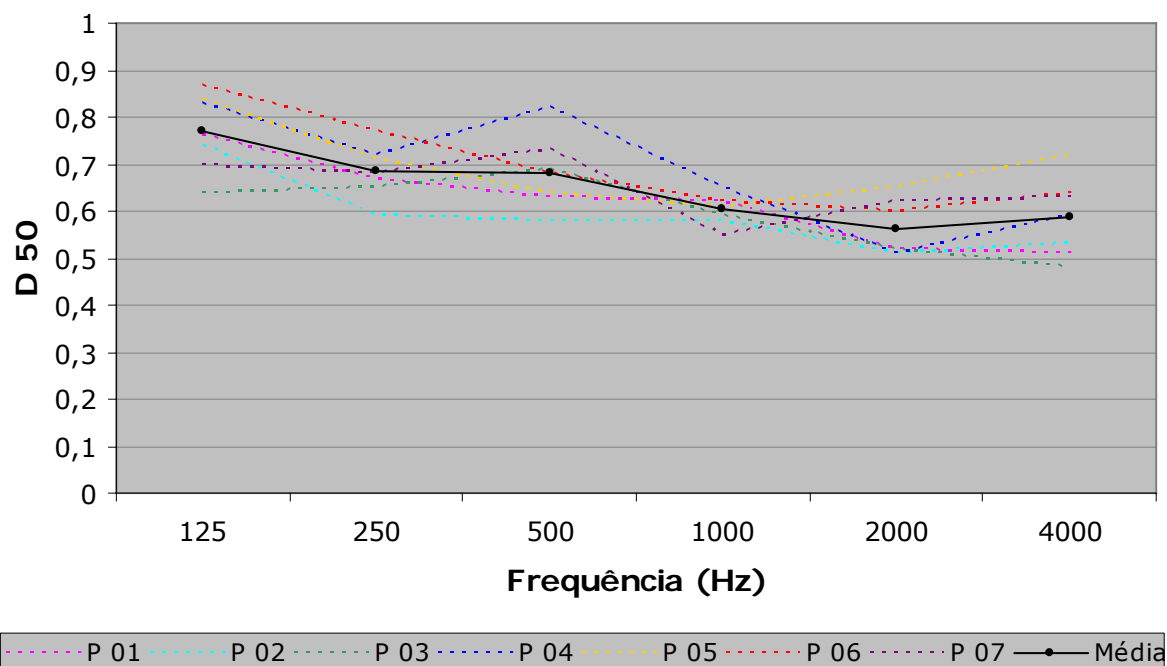


Figura 8-64. Definição do Teatro Evolução

Comparada com a inteligibilidade da palavra falada, os valores de D_{50} para esta sala apresentam valores ideais (maior que 0,65), segundo Ribeiro (2002), somente nas baixas freqüências para as duas posições de fonte sonora avaliados.

i) Índice de transmissão da fala – STI “Speech Transmission Index”

O índice de transmissão da fala, para uma fonte do sexo feminino, tem como média 0,46. Esse valor indica que a sala, como um todo, é considerada razoável para a inteligibilidade, apesar de na parte térrea do teatro os valores são considerados bons. A inteligibilidade dos lugares posicionados no mezanino é que são considerados péssimos. A tabela 8-58 indica os valores para as diferentes posições de ouvinte e com a fonte sonora posicionada na parte central do palco.

Tabela 8-58. STI nos 7 pontos analisados – Teatro Evolução

| P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | P 07 | Média | Desvio padrão |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|----------------------|
| 0,62 | 0,61 | 0,60 | 0,63 | 0,65 | 0,05 | 0,05 | 0,46 | 0,25 |



Figura 8-65. Entrada Teatro Tim

Av. Guilherme Campos,
500 Santa Genebra
Campinas – SP
Entrada das Flores –
Parque D. Pedro Shopping

Telefone (19) 3756-9890
www.teatrotim.com.br

8.5 TEATRO TIM

O Teatro TIM leva a assinatura do Conteúdo Teatral, criado em 1991 com o principal objetivo de trazer para a cena um novo conceito em Teatro, produzindo e apresentando espetáculos de qualidade, com diferentes linguagens artísticas, para públicos de todas as idades. Segue a tendência iniciada no Rio de Janeiro, e seguida por São Paulo, de unir opções de compras, gastronomia, e cultura em um mesmo lugar, proporcionando um programa completo aos seus espectadores. Tudo isso, aliado ao conforto e segurança que apenas um grande Shopping pode oferecer (TEATRO TIM, 2006).

FICHA

- **Área Construída:** 1180 m²
- **Data do Projeto:** março/ abril 2005
- **Data de Conclusão da Obra:**
- **Arquitetura:** Construtora Coslovsky Ltda
- **Assessoria Acústica:** Harmonia Acústica
- **Principais usos:** Teatro

DADOS DA SALA

- **Volume:** Aproximadamente 1643 m³
- **Largura:** 13,74 m
- **Comprimento platéia:** 20,37 m
- **Altura Principal:** 4,60 m (2ª fileira)/ 8,00 m (última fileira)
- **Área do Palco:** 144,50 m²
- **Capacidade:** 340 pessoas
- **Volume por Assento:** 4,92 m³

MATERIAIS CONSTRUTIVOS DA SALA

- **Piso:** Carpete (circulação)
- **Piso do palco:** Madeira
- **Paredes laterais:** acabamento em gesso sobre bloco cerâmico com manta de lã de vidro internamente
- **Parede fundo:** Revestimento Sonare (Isover)
- **Forro:** Gesso acartonado com lã de vidro ensacada sobreposta (parte frontal) e gesso acartonado com jateamento de celulose (fundos)
- **Portas de acesso:** Porta metálica corta-fogo
- **Assentos:** Tecido

8.5.1 – Parâmetros arquitetônicos

a) Implantação e Contexto

De fácil acesso pela rodovia D. Pedro I, o shopping D. Pedro se localiza perto das duas maiores universidades da cidade de Campinas e por isso, há um grande fluxo de universitários principalmente nos horários de almoço.

Apesar da sala estar localizada perto de uma rodovia, é o ruído produzido pelas próprias atividades do shopping que podem influenciar a qualidade acústica do teatro em questão. Por este motivo a figura 8-66 não identifica a caracterização do entorno do shopping.

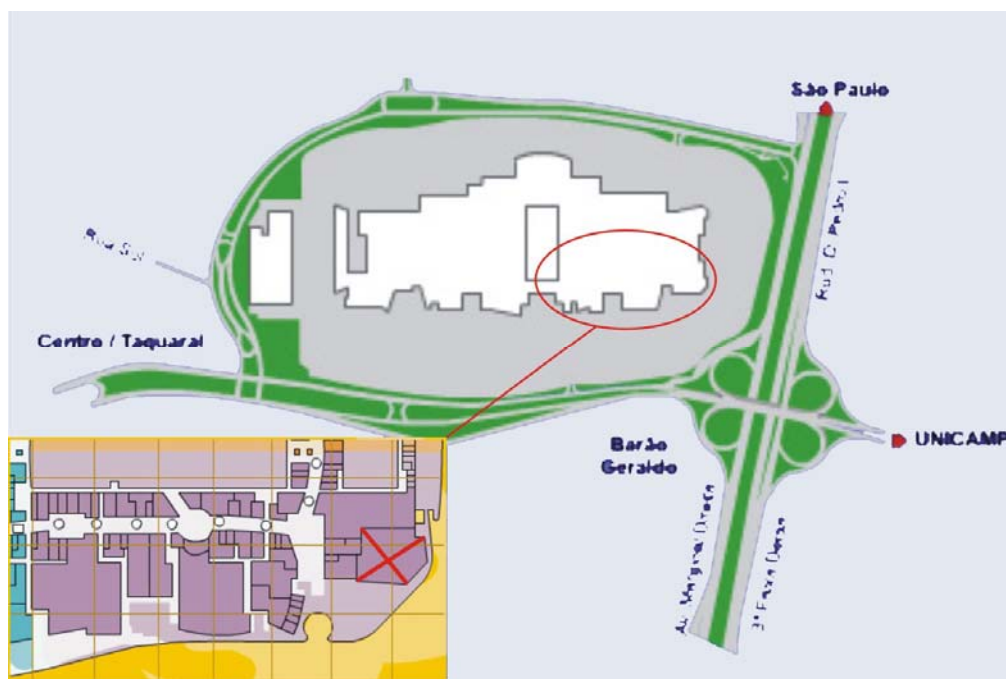


Figura 8-66. Mapa da região do shopping D. Pedro

[Fonte: adaptada de D. PEDRO (2006)]

O teatro TIM está inserido dentro do shopping D. Pedro num cenário temático onde a concepção arquitetônica, a decoração e o paisagismo giram em torno do tema parque. As cinco entradas são caracterizadas por elementos da natureza, o teatro está perto da entrada das flores, e dão acesso a amplos corredores entrecortados por praças públicas, para facilitar o

convívio entre os visitantes e a realização de eventos culturais. Além disso, toda concepção do Parque D. Pedro foi direcionada para o conforto dos visitantes e está inserido na categoria de edifícios inteligentes (D. PEDRO, 2006).

b) Projeto Arquitetônico – organização interna e funcionalidade dos espaços

O Teatro TIM conta com equipamentos cênicos (palco, luz e som) com tecnologia de última geração. São 334 lugares - entre eles, 7 para deficientes físicos, 2 poltronas especiais para obesos, e 4 camarotes - em uma sala que oferece conforto e visibilidade de todas as poltronas, ar-condicionado e um elegante foyer com café para a recepção dos espectadores. O Teatro entra em cena com recursos técnicos comparáveis às melhores casas de espetáculo do mundo. São 1.180m² de área construída, 5 camarins, e bilheterias informatizadas, além de contar com uma equipe técnica especializada formada por técnicos de luz e som, contra-regra e camareira (TEATRO TIM, 2006). A figura 8-67 mostra fotos do interior do teatro.



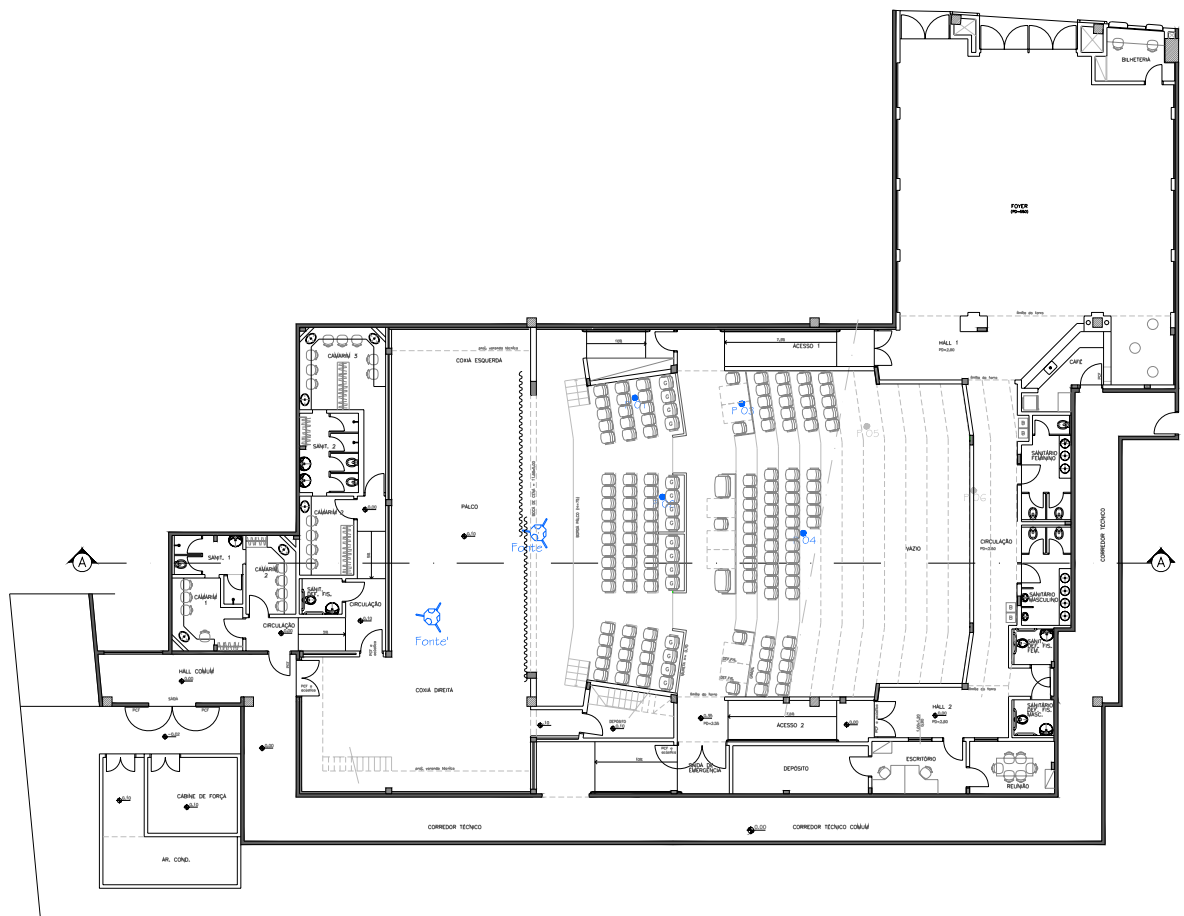
Figura 8-67. Interior do Teatro Tim

O acesso às instalações do teatro acontece pelo lado externo do shopping Parque Dom Pedro na entrada das flores. Um grande foyer com um pequeno café faz a distribuição dos espaços de apoio ao público e da sala principal.

Nota-se na figura 8-68 que houve uma preocupação projetual com o isolamento da sala com a presença de circulações em todo contorno, evitando que ruídos externos de instalações sanitárias ou ainda da euforia do público no foyer influenciem na qualidade acústica da sala em questão. Todos os acessos são providos de portas acústicas e o corredor em si é tratado com revestimentos internos.

A inclinação nas paredes laterais próximas ao palco e a correta aplicação de materiais reflexivos, ajudam a melhorar a energia sonora, complementar ao som direto, que chega aos espectadores das últimas fileiras.

A presença de material absorvente no piso somente na circulação e não também em baixo das poltronas, ajudam a controlar e a aumentar a reverberação da sala.



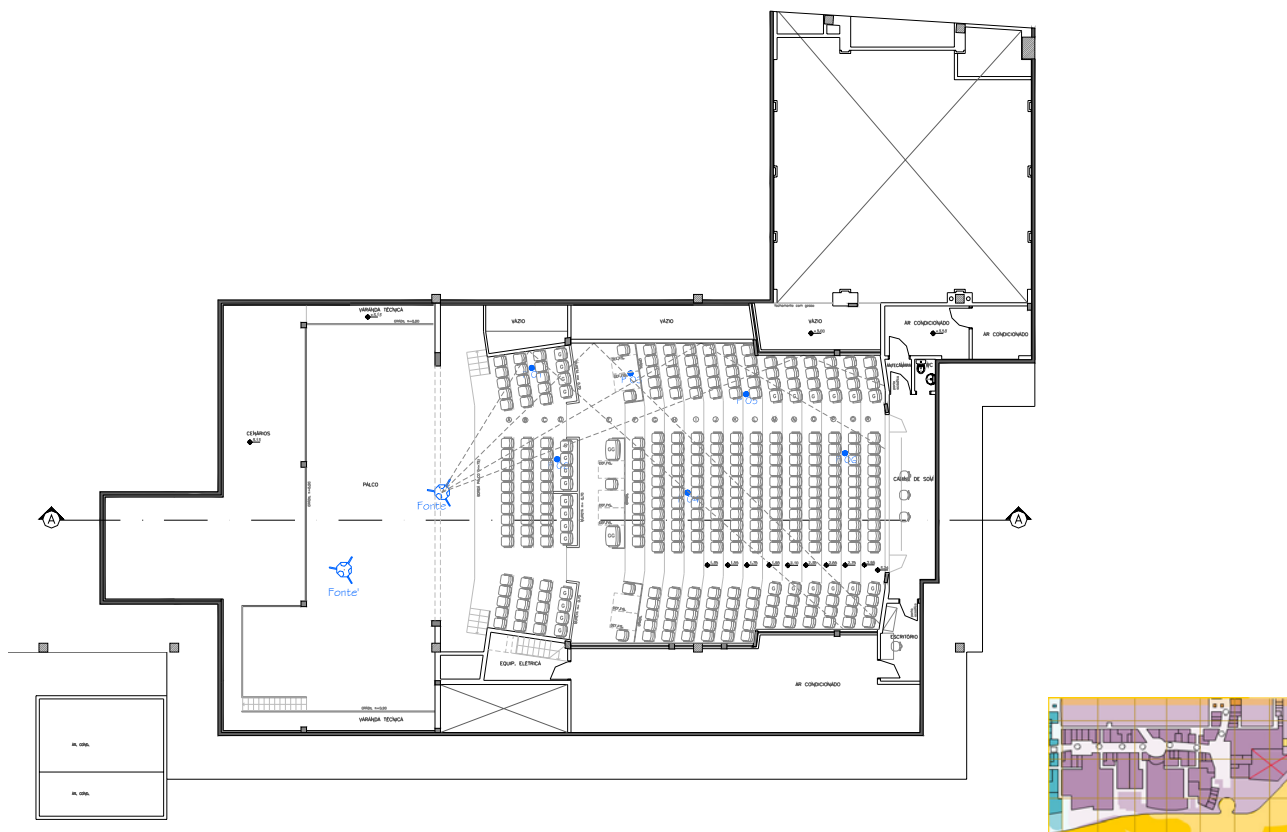


Figura 8-68. Planta pavimento térreo e superior – sem escala

Houve também um aproveitamento da parte central da sala para dispor poltronas e não utilizar esta parte nobre para circulações.

Na figura 8-69 é possível visualizar as linhas de visibilidade e com isso perceber que há um certo prejuízo visual e sonoro para as últimas fileiras. O uso das poltronas alternadas entre si de uma fileira a outra minimiza esta situação.

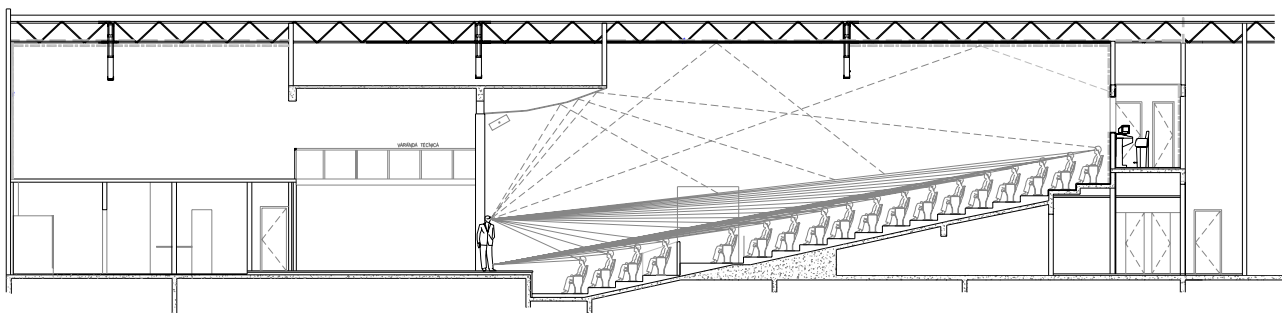


Figura 8-69. Corte AA – sem escala

A inclinação do forro e o correto uso de material reflexivo ajudam a redirecionar energia sonora ao público. A colocação de material absorvente em partes estratégicas, como na parte posterior do forro e nas paredes do fundo também evitam que reflexões tardias cheguem ao espectador de forma indevida.

Na figura 8-69 é possível visualizar o prolongamento das paredes de separação da sala com outros ambientes até as telhas. Esse tratamento com manta de lã de vidro coberta com placas de gesso acartonado evita que o som flua através de rotas indiretas.

8.5.2 – Parâmetros Acústicos

a) Nível de Pressão Sonora – NPS (dB)

Os níveis de pressão sonora da sala foram medidos em função da frequência e os resultados são apresentados na tabela 8-59 e no gráfico da figura 8-70. No gráfico também está indicada a faixa de valores ideais das curvas de avaliação de ruído NC, segundo a NBR 10152 (1987).

Tabela 8-59. Nível de Pressão Sonora do Teatro Tim

| Frequência (Hz) | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
|------------------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| NPS (dB) | 17,9 | 21,5 | 24,2 | 23,9 | 20,5 | 15,0 | 11,8 |

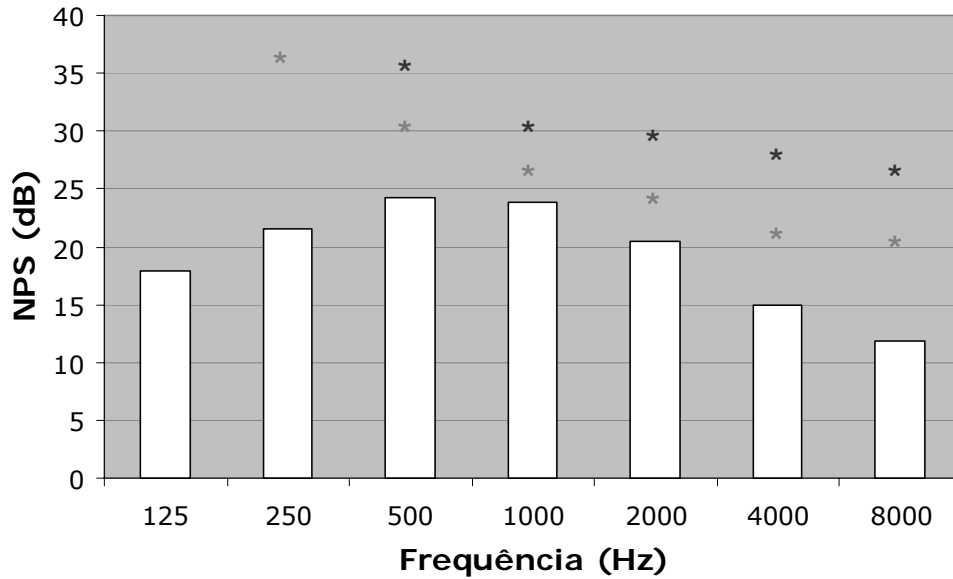


Figura 8-70. Espectro Sonoro do teatro Tim

* NC 25 – representa o nível sonoro para o conforto de teatros, segundo a NBR 10152

* NC 30 – representa o nível sonoro aceitável para a finalidade, segundo a NBR 10152

O nível sonoro global em dB e dB(A) característicos do espectro medido é de 29,4 dB e 27,7 dB(A), respectivamente.

O valor do nível sonoro global em dB(A) também é um parâmetro recomendado pela NBR 10152 (1987) e com isso, em relação ao ruído de fundo, esta sala está de acordo com a norma.

b) NC

A classificação de NC 25 da sala foi analisada através dos níveis de pressão sonora em função da frequência e indicam que a sala está de acordo com a norma NBR 10152 (1987), em relação ao nível de ruído de fundo.

c) SIL

O valor de SIL é 20,9 dB indica, através de um prolongamento do gráfico proposto por Mehta, Johnson e Rocafort (1999), que o orador pode falar num tom de voz normal que o ouvinte o entenderá com clareza em todos os pontos da sala.

A distância entre orador-ouvinte deve ser avaliada juntamente com o valor de SIL e estas medidas são apresentadas na tabela 8-60 para a fonte na posição central do palco e na tabela 8-61 para a fonte localizada na parte lateral do palco.

Tabela 8-60. Distância em planta (m) entre fonte e receptor (pontos analisados)

| Ponto 01 | Ponto 02 | Ponto 03 | Ponto 04 | Ponto 05 | Ponto 06 |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 7,00 | 5,50 | 10,20 | 11,25 | 14,65 | 18,60 |

Tabela 8-61. Distância em planta (m) entre fonte' e receptor (pontos analisados)

| Ponto 01 | Ponto 02 | Ponto 03 | Ponto 04 | Ponto 05 | Ponto 06 |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 12,65 | 11,05 | 15,95 | 16,15 | 20,15 | 23,60 |

d) Tempo de Reverberação – TR (s)

O tempo de reverberação foi medido em função da frequência e os resultados são apresentados nas tabelas 8-62 e 8-63 e nas figuras 8-71 e 8-72. A localização dos pontos avaliados pode ser conferida na figura 8-68.

Fonte localizada na parte central do palco, conforme figura 8-68.

Tabela 8-62. Tempo de Reverberação (s) nos 6 pontos analisados – Teatro Tim

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 1,00 | 0,98 | 1,04 | 0,92 | 0,92 | 0,94 | 0,97 | 0,04 |
| 250 | 0,97 | 1,04 | 0,95 | 0,95 | 0,89 | 1,01 | 0,97 | 0,05 |
| 500 | 0,98 | 0,92 | 0,89 | 0,96 | 0,94 | 0,97 | 0,94 | 0,03 |
| 1000 | 0,87 | 0,89 | 0,91 | 1,03 | 0,96 | 0,93 | 0,93 | 0,05 |
| 2000 | 0,81 | 0,87 | 0,87 | 0,93 | 0,95 | 0,96 | 0,90 | 0,05 |
| 4000 | 0,77 | 0,80 | 0,83 | 0,89 | 0,82 | 0,89 | 0,83 | 0,04 |
| 8000 | 0,65 | 0,66 | 0,69 | 0,69 | 0,70 | 0,68 | 0,68 | 0,02 |

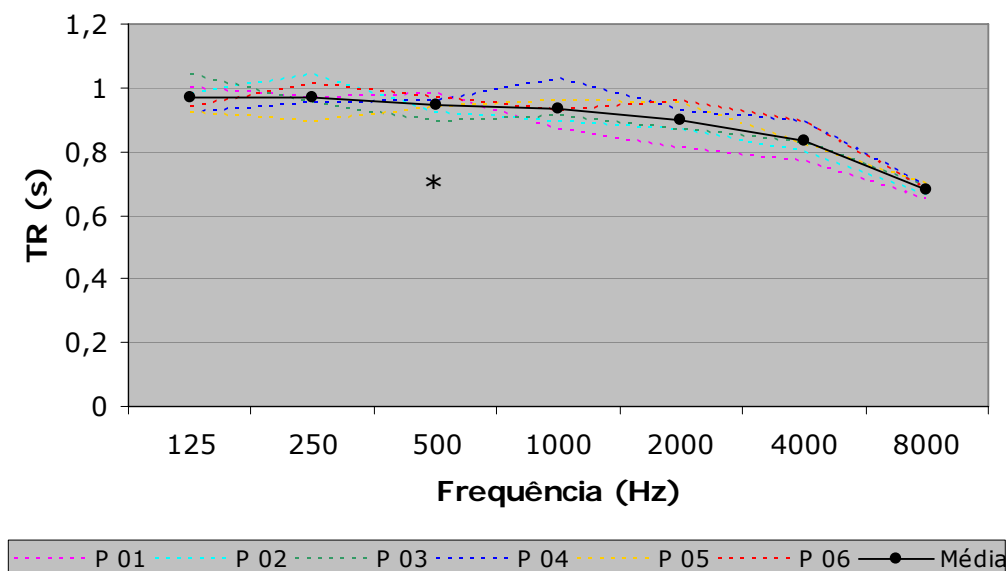


Figura 8-71. Tempo de Reverberação do Teatro Tim

(*) Tempo ótimo de Reverberação (Tot), em segundos, para a frequência de 500 Hz, segundo o gráfico proposto por Mehta, Johnson & Rocafort (1999).

Fonte localizada na parte lateral frontal da sala, conforme figura 8-68.

Tabela 8-63. Tempo de Reverberação (s) nos 6 pontos analisados – Teatro Tim

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 0,96 | 0,99 | 1,04 | 1,05 | 0,93 | 0,96 | 0,99 | 0,04 |
| 250 | 1,05 | 0,99 | 1,01 | 1,05 | 0,93 | 0,97 | 1,00 | 0,04 |
| 500 | 0,91 | 0,99 | 0,95 | 0,92 | 0,91 | 0,91 | 0,93 | 0,03 |
| 1000 | 0,90 | 0,90 | 0,92 | 0,95 | 0,98 | 0,95 | 0,93 | 0,03 |
| 2000 | 0,83 | 0,85 | 0,87 | 0,92 | 0,86 | 0,91 | 0,87 | 0,03 |
| 4000 | 0,79 | 0,82 | 0,81 | 0,84 | 0,79 | 0,69 | 0,79 | 0,05 |
| 8000 | 0,65 | 0,68 | 0,68 | 0,69 | 0,66 | 0,69 | 0,68 | 0,02 |

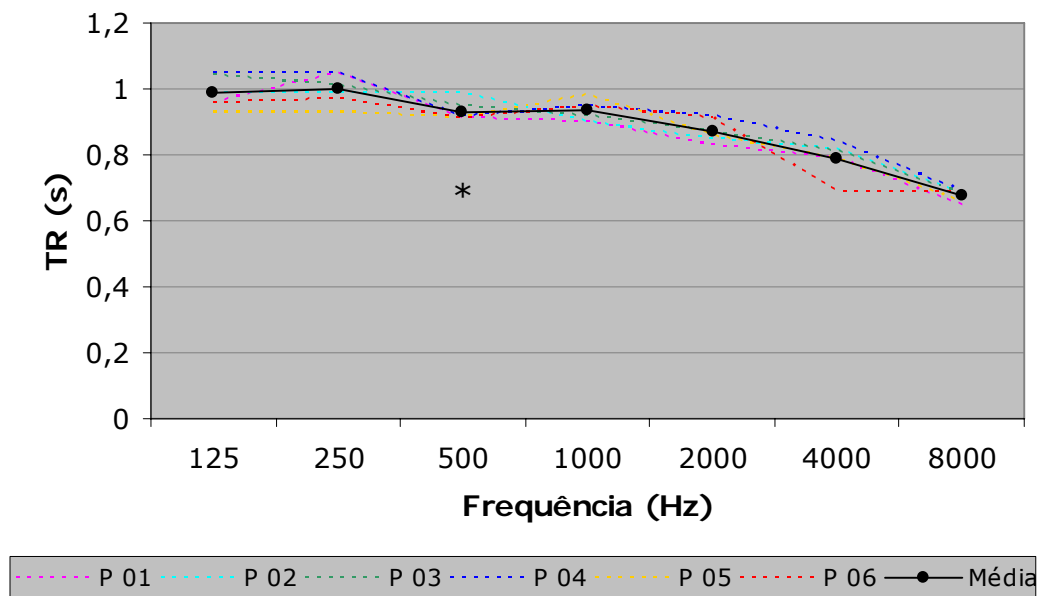


Figura 8-72. Tempo de reverberação do Teatro Tim

(*) Tempo ótimo de Reverberação (Tot), em segundos, para a frequência de 500 Hz, segundo o gráfico proposto por Mehta, Johnson & Rocafort (1999).

Os resultados para as duas posições da fonte são semelhantes e indicam um pequeno e uniforme decaimento do tempo de reverberação em função da frequência.

Para a frequência de 500 Hz, os valores para as duas posições da fonte estão acima do valor ideal recomendado por Mehta, Johnson e Rocafort (1999), que avalia o volume da sala e sua utilização.

e) Tempo de decaimento inicial – EDT (s) “Early Decay Time”

A avaliação para o tempo de decaimento inicial foi realizada para seis pontos na platéia e dois pontos de fonte sonora, conforme figura 8-68. Os resultados são apresentados nas tabelas 8-64 e 8-65 e nas figuras 8-73 e 8-74.

Fonte localizada na parte central do palco, conforme figura 8-68.

Tabela 8-64. EDT (s) nos 6 pontos analisados – Teatro Tim

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 1,09 | 0,87 | 0,83 | 0,59 | 0,85 | 0,50 | 0,79 | 0,19 |
| 250 | 0,68 | 0,82 | 0,61 | 0,78 | 0,98 | 1,00 | 0,81 | 0,14 |
| 500 | 0,53 | 0,80 | 0,70 | 0,62 | 0,66 | 0,90 | 0,70 | 0,12 |
| 1000 | 0,78 | 0,85 | 0,72 | 0,75 | 0,84 | 0,65 | 0,77 | 0,07 |
| 2000 | 0,66 | 0,78 | 0,72 | 0,66 | 0,75 | 0,77 | 0,72 | 0,05 |
| 4000 | 0,60 | 0,67 | 0,70 | 0,68 | 0,72 | 0,73 | 0,68 | 0,04 |
| 8000 | 0,44 | 0,44 | 0,60 | 0,53 | 0,65 | 0,75 | 0,57 | 0,11 |

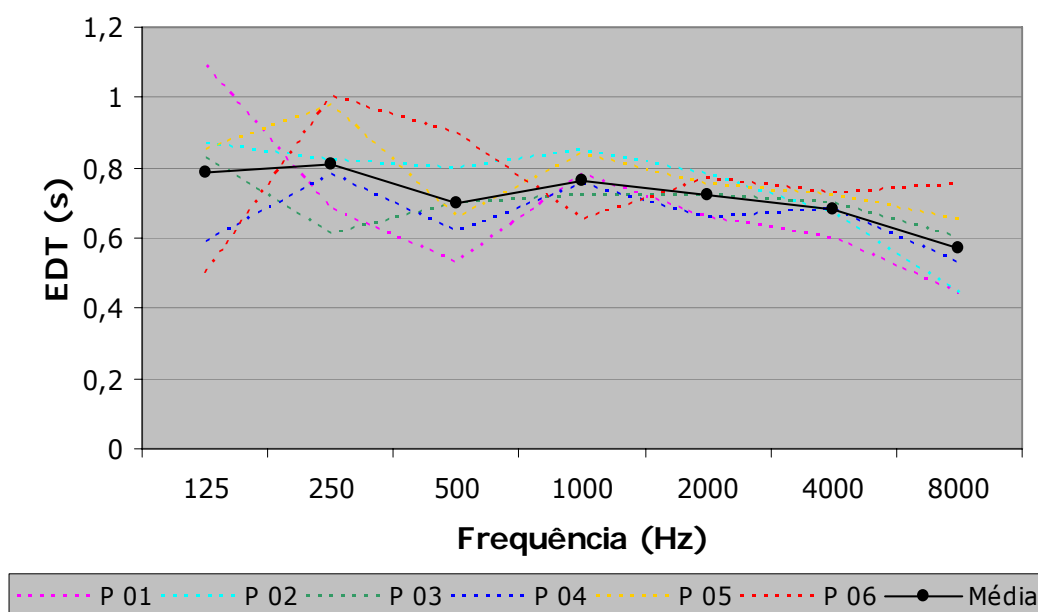


Figura 8-73. EDT do Teatro Tim

Fonte localizada na parte lateral frontal da sala, conforme figura 8-68.

Tabela 8-65. EDT (s) nos 6 pontos analisados – Teatro Tim

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 1,12 | 1,17 | 0,93 | 0,96 | 0,77 | 0,59 | 0,92 | 0,20 |
| 250 | 0,75 | 1,03 | 0,95 | 0,63 | 0,89 | 0,64 | 0,82 | 0,15 |
| 500 | 0,91 | 0,86 | 0,88 | 0,77 | 0,77 | 0,86 | 0,84 | 0,05 |
| 1000 | 0,84 | 0,89 | 0,76 | 0,83 | 0,84 | 0,70 | 0,81 | 0,06 |
| 2000 | 0,75 | 0,77 | 0,80 | 0,70 | 0,65 | 0,64 | 0,72 | 0,06 |
| 4000 | 0,68 | 0,76 | 0,70 | 0,60 | 0,66 | 0,61 | 0,67 | 0,05 |
| 8000 | 0,53 | 0,60 | 0,55 | 0,49 | 0,49 | 0,52 | 0,53 | 0,04 |

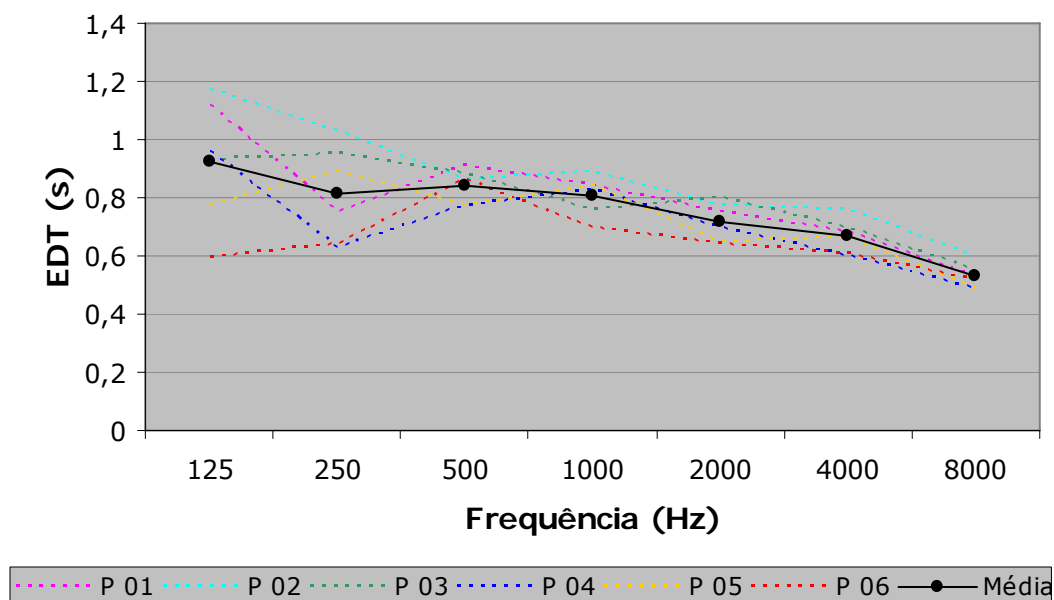


Figura 8-74. EDT do Teatro Tim

Os valores de EDT em relação ao TR indicam uma queda dos valores em função da frequência e indicam uma melhoria na inteligibilidade da palavra falada, já que existe um complemento do som direto com reflexões úteis que chegam ao ouvinte em até 50 ms, depois da chegada do som direto, das paredes e forro.

Os valores apresentados estão de acordo com os valores ideais indicados por Granado (2002).

f) Tempo central – Ts (ms)

O tempo central foi medido nas posições indicadas na figura 8-68 e os resultados são apresentados nas tabelas 8-66 e 8-67 e nos gráficos das figuras 8-75 e 8-76.

Fonte localizada na parte central do palco, conforme figura 8-68.

Tabela 8-66. Tempo central (ms) nos 6 pontos analisados – Teatro Tim

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 77,6 | 59,0 | 76,6 | 59,7 | 61,3 | 54,5 | 64,78 | 8,95 |
| 250 | 36,0 | 41,3 | 41,1 | 56,6 | 60,4 | 64,1 | 49,92 | 10,81 |
| 500 | 40,0 | 43,3 | 52,2 | 47,6 | 37,5 | 57,8 | 46,40 | 7,01 |
| 1000 | 44,3 | 47,6 | 49,6 | 47,9 | 53,0 | 41,2 | 47,27 | 3,75 |
| 2000 | 38,0 | 51,5 | 52,7 | 49,4 | 43,2 | 52,4 | 47,87 | 5,46 |
| 4000 | 34,2 | 44,9 | 54,5 | 49,5 | 43,8 | 53,3 | 46,70 | 6,83 |

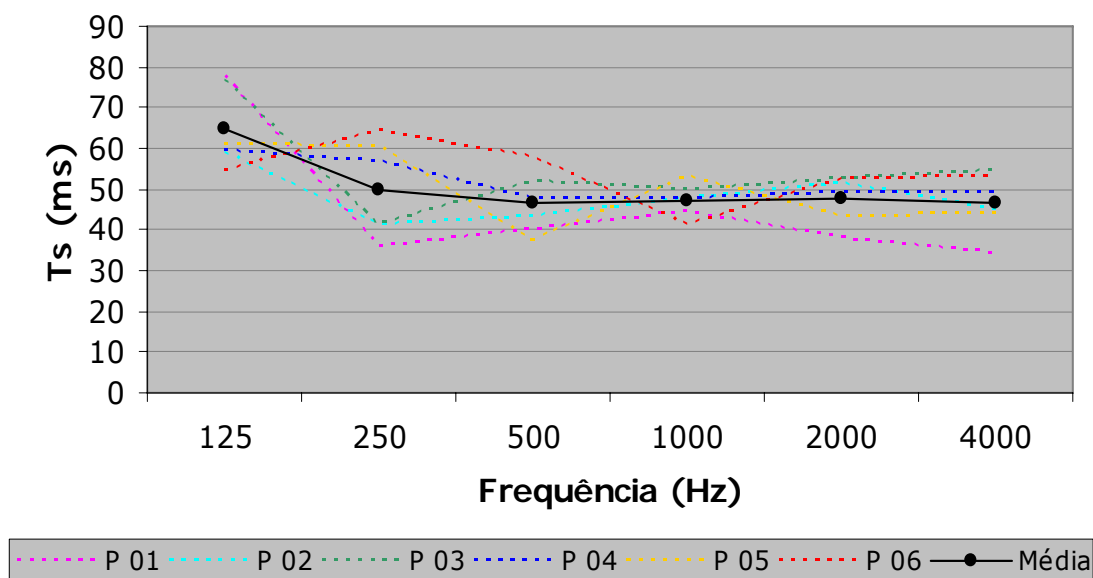


Figura 8-75. Tempo Central do Teatro Tim

Fonte localizada na parte lateral frontal da sala, conforme figura 8-68.

Tabela 8-67. Tempo central (ms) nos 6 pontos analisados – Teatro Tim

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 86,7 | 82,3 | 84,1 | 68,6 | 52,0 | 67,7 | 73,57 | 12,14 |
| 250 | 40,2 | 58,8 | 80,0 | 59,6 | 59,3 | 56,6 | 59,08 | 11,55 |
| 500 | 53,3 | 66,7 | 65,2 | 54,9 | 43,5 | 48,5 | 55,35 | 8,34 |
| 1000 | 54,1 | 58,3 | 53,2 | 47,0 | 49,2 | 40,5 | 50,38 | 5,70 |
| 2000 | 46,3 | 53,8 | 57,6 | 43,2 | 36,5 | 40,8 | 46,37 | 7,30 |
| 4000 | 41,6 | 52,6 | 52,4 | 37,8 | 39,2 | 37,8 | 43,57 | 6,44 |

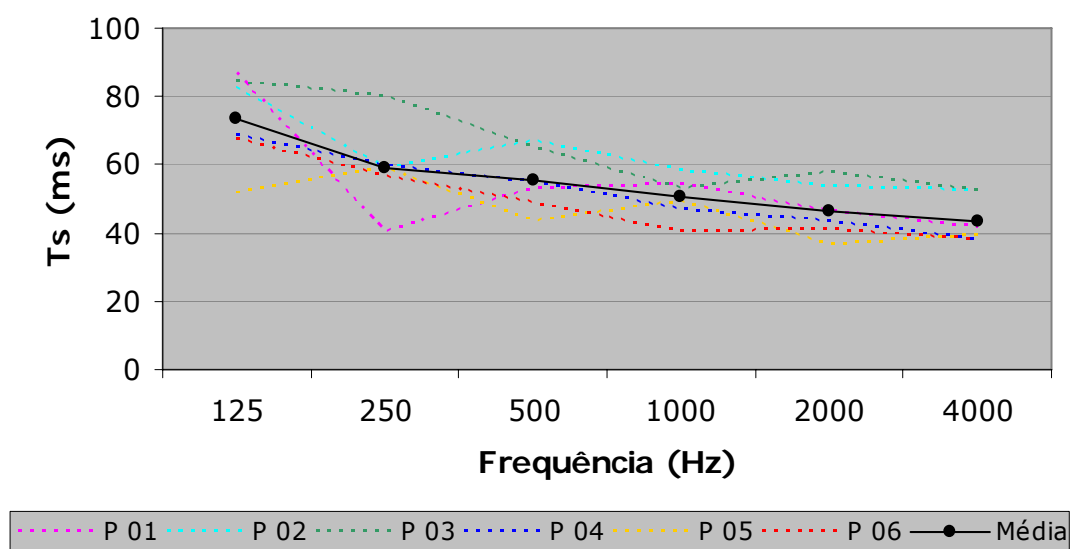


Figura 8-76. Tempo central do Teatro Tim

Conforme Ribeiro (2002), os valores de Ts devem ser menores que 80 ms para salas de conferências. Considerando então, o uso da palavra falada tanto em salas para conferências e para salas destinadas a apresentações teatrais, levou-se em consideração o valor ideal apresentado por Ribeiro (2002). Assim sendo, o Teatro Tim está de acordo com o valor ideal descrito por Ribeiro (2002), indicando uma boa clareza sonora.

Para a fonte localizada na parte central do palco, na faixa de frequência de 250 a 4000Hz, os valores são praticamente constantes e mostram um equilíbrio da interferência da sala para as diferentes frequências.

g) Clareza – C₈₀ (dB)

Este parâmetro está relacionado com análises em salas para apresentações musicais. Porém a análise foi realizada para todos os pontos avaliados localizados conforme figura 8-68. Os valores são indicados nas tabelas 8-68 e 8-69 e nas figuras 8-77 e 8-78 para uma melhor visualização.

Fonte localizada na parte central do palco, conforme figura 8-68.

| Tabela 8-68. Clareza (dB) nos 6 pontos analisados – Teatro Tim | | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | Médias | Desvio padrão |
| 125 | 2,13 | 5,78 | 3,47 | 5,78 | 5,55 | 6,96 | 4,95 | 1,63 |
| 250 | 8,64 | 7,27 | 8,01 | 5,58 | 5,15 | 4,64 | 6,55 | 1,50 |
| 500 | 8,82 | 6,89 | 6,14 | 7,56 | 8,33 | 4,68 | 7,07 | 1,38 |
| 1000 | 6,83 | 6,12 | 6,30 | 5,93 | 5,03 | 7,22 | 6,24 | 0,69 |
| 2000 | 7,73 | 5,74 | 5,89 | 6,04 | 6,84 | 4,88 | 6,19 | 0,90 |
| 4000 | 8,55 | 6,65 | 5,54 | 6,19 | 6,70 | 5,51 | 6,52 | 1,02 |

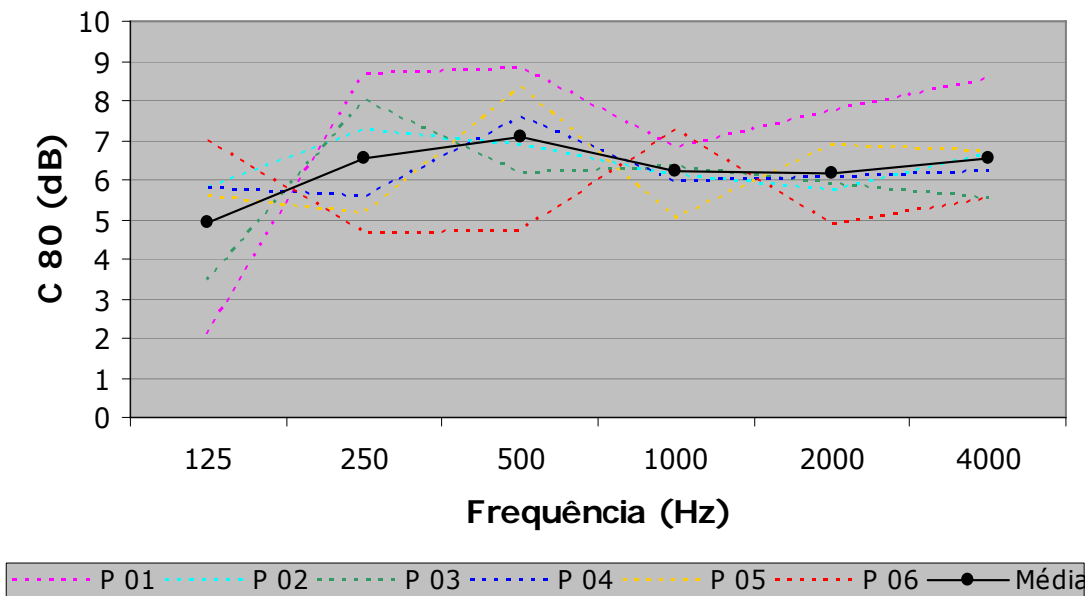


Figura 8-77. Clareza do Teatro Tim

Fonte localizada na parte lateral frontal da sala, conforme figura 8-68.

Tabela 8-69. Clareza (dB) nos 6 pontos analisados – Teatro Tim

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 2,90 | 2,58 | 1,82 | 3,56 | 6,78 | 5,01 | 3,78 | 1,66 |
| 250 | 7,84 | 4,65 | 0,50 | 6,21 | 5,16 | 5,84 | 5,03 | 2,26 |
| 500 | 4,80 | 3,92 | 4,12 | 5,09 | 7,60 | 6,26 | 5,30 | 1,28 |
| 1000 | 4,60 | 4,26 | 5,40 | 6,04 | 6,03 | 7,39 | 5,62 | 1,03 |
| 2000 | 6,24 | 4,90 | 4,74 | 6,65 | 8,24 | 7,83 | 6,43 | 1,32 |
| 4000 | 7,36 | 4,99 | 5,79 | 8,12 | 7,79 | 8,22 | 7,05 | 1,22 |

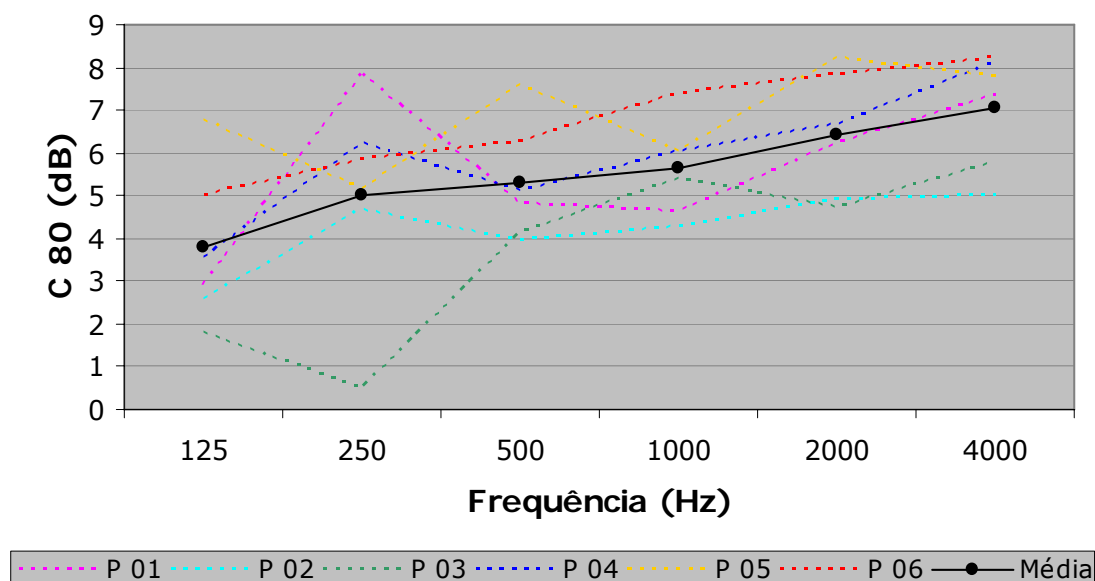


Figura 8-78. Clareza do Teatro Tim

O valor ideal segundo Gomes, Ribeiro e Aquino (2004) deve ser acima de 6 dB para pequenos auditórios. Considerando o uso da palavra falada no caso de apresentações teatrais os valores medidos para o Teatro Tim indicam um melhor resultado e mais uniforme para a fonte localizada na parte central do palco. Para a fonte na parte lateral do palco há uma melhora com o aumento da frequência.

Nas posições de ouvintes mais centralizadas, os resultados em função da frequência são mais constantes, porém nas posições próximas às superfícies os resultados apresentam alguns picos e depressões em algumas frequências.

h) Definição – D₅₀

Definição é um parâmetro que está relacionado com a inteligibilidade da palavra falada, pois representa as reflexões úteis que atingem o ouvinte em até 50 ms após a chegada do som direto e com isso contribuem para uma melhor audibilidade do som. Os resultados das medições são apresentados nas tabelas 8-70 e 8-71 e nas figuras 8-79 e 8-80.

Fonte localizada na parte central do palco, conforme figura 8-68.

Tabela 8-70. Definição nos 6 pontos analisados – Teatro Tim

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 0,53 | 0,63 | 0,34 | 0,68 | 0,63 | 0,79 | 0,60 | 0,14 |
| 250 | 0,76 | 0,80 | 0,79 | 0,68 | 0,63 | 0,61 | 0,71 | 0,08 |
| 500 | 0,77 | 0,72 | 0,67 | 0,67 | 0,79 | 0,62 | 0,71 | 0,06 |
| 1000 | 0,73 | 0,68 | 0,66 | 0,70 | 0,64 | 0,74 | 0,69 | 0,04 |
| 2000 | 0,75 | 0,62 | 0,61 | 0,68 | 0,72 | 0,61 | 0,67 | 0,06 |
| 4000 | 0,77 | 0,69 | 0,59 | 0,68 | 0,70 | 0,60 | 0,67 | 0,06 |

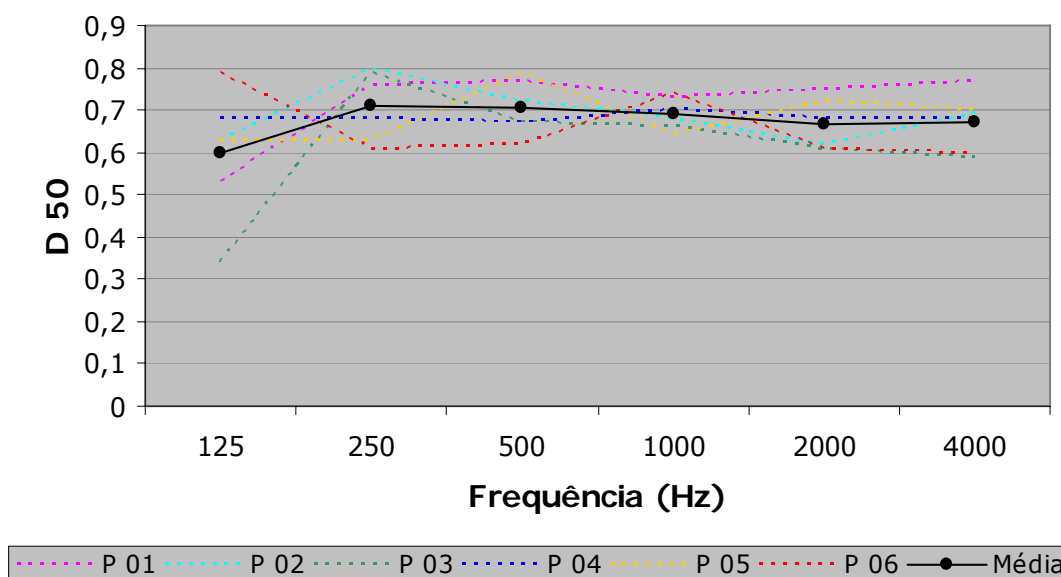


Figura 8-79. Definição do Teatro Tim

Fonte localizada na parte lateral frontal da sala, conforme figura 8-68.

Tabela 8-71. Definição nos 6 pontos analisados – Teatro Tim

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 0,47 | 0,54 | 0,39 | 0,54 | 0,77 | 0,56 | 0,55 | 0,12 |
| 250 | 0,74 | 0,68 | 0,42 | 0,59 | 0,64 | 0,66 | 0,62 | 0,10 |
| 500 | 0,64 | 0,55 | 0,56 | 0,65 | 0,76 | 0,71 | 0,65 | 0,08 |
| 1000 | 0,64 | 0,57 | 0,62 | 0,72 | 0,68 | 0,76 | 0,67 | 0,06 |
| 2000 | 0,68 | 0,60 | 0,58 | 0,73 | 0,79 | 0,71 | 0,68 | 0,07 |
| 4000 | 0,70 | 0,62 | 0,61 | 0,76 | 0,71 | 0,75 | 0,69 | 0,06 |

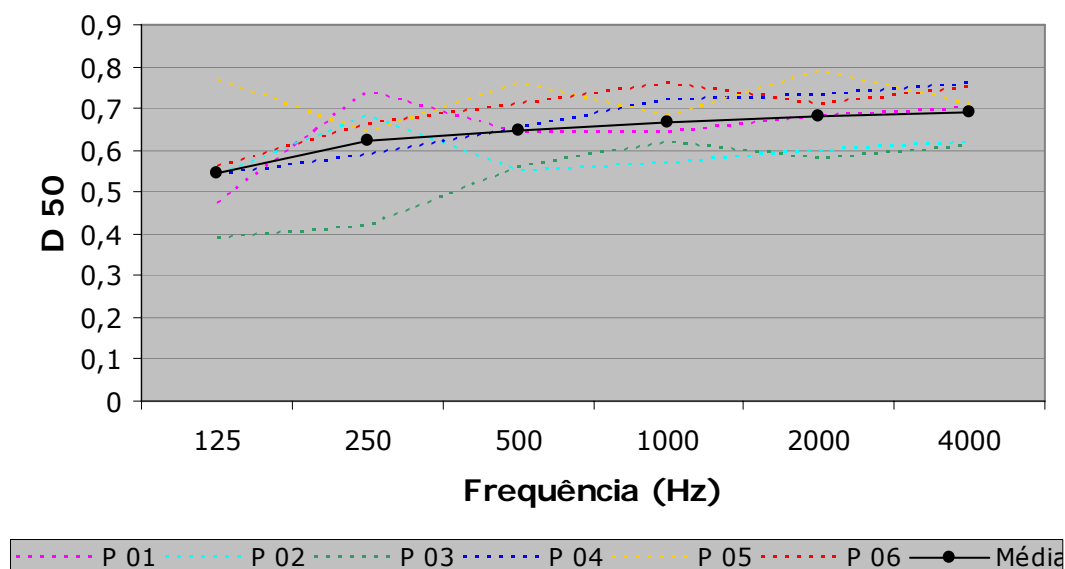


Figura 8-80. Definição do Teatro Tim

Segundo Ribeiro (2002), os valores de D_{50} devem ser superiores a 0,65. Os resultados obtidos identificam que as reflexões das paredes laterais e do forro complementam positivamente o som direto. Somente nas baixas frequências os valores não atingem 0,65.

Nos gráficos é possível observar uma linearidade entre as diferentes posições de ouvintes. O comportamento, no geral, é muito semelhante. Ou seja, o som direto é equilibrado com as reflexões úteis.

i) Índice de transmissão da fala – STI “Speech Transmission Index”

A classificação desta sala, para uma fonte do sexo feminino, quanto a inteligibilidade é regular. Os valores de STI para cada posição avaliada com a fonte sonora na posição central do palco e a média dos valores são apresentados na tabela 8-72.

Tabela 8-72. STI nos 6 pontos analisados – Teatro Tim

| P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | Média | Desvio padrão |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|----------------------|
| 0,66 | 0,61 | 0,58 | 0,57 | 0,58 | 0,52 | 0,59 | 0,04 |



Figura 8-81. Fachada do Teatro Sia Santa

Rua Sebastião Paulino dos Santos, 20 – Pq. Sta. Bárbara
Campinas – SP
13064-000

Telefone (19) 3281-3174
www.siasanta.art.br

8.6 TEATRO SIA SANTA

O Teatro Escola Sia Santa é um espaço cultural que fica ao lado da sede da Sia Santa: uma sociedade civil sem fins lucrativos, que vem se dedicando a causa teatral no Brasil e tornando-se uma das mais importantes companhias de teatro profissional itinerante do país com reconhecimento de toda comunidade artística e cultural. As atividades e programas que o teatro desenvolve visam cultura, educação e lazer. Sempre em forma de espetáculo e de forma integrada (SIA SANTA, 2005).

FICHA

- **Área Construída (sala + apoio “térreo” do palco):** Aproximadamente 250 m²
- **Data de Conclusão da Obra:** Fevereiro 1996
- **Data de Inauguração da sala:** Março 1996
- **Arquitetura:** -
- **Assessoria Acústica:** A experiência teatral dos fundadores
- **Principais usos:** Apresentações teatrais

DADOS DA SALA

- **Volume:** Aproximadamente 490 m³
- **Largura:** 9,45m
- **Comprimento Total:** 11,40m
- **Altura Principal:** 4,50m
- **Área do Palco:** 80 m²
- **Capacidade:** 200 pessoas (135 poltronas reclináveis + 65 cadeiras extras)
- **Volume por Assento:** 2,45 m³ (para 135 poltronas)

MATERIAIS CONSTRUTIVOS DA SALA

- **Piso:** Concreto
- **Piso do palco:** Sobre uma laje, quadrados de caibros cobertos com compensado 25mm
- **Paredes laterais:** Blocos de concreto rebocados e pintados de creme
- **Parede fundo:** Divisória e cortina de veludo
- **Forro:** concreto pintado de azul e isopor pintado de cinza
- **Porta de acesso:** Metálica
- **Assentos:** Couro sintético

8.6.1 – Parâmetros arquitetônicos

a) Implantação e Contexto

Por ser localizado numa região afastada do centro da cidade de Campinas, o acesso ao Teatro Sia Santa é feito pela via Francisco Aguirre Proença (Rodovia Campinas – Monte-Mor), que é uma continuação da avenida Robert Bosh. A entrada do teatro se localiza na rua José Paulino dos Santos, uma rua local e predominantemente residencial, conforme figura 7-10.



Figura 8-82. Mapa da região do teatro Sia Santa

O teatro Sia Santa tornou-se uma referência no bairro Parque Santa Bárbara. Marcado por uma tipologia predominantemente de pequenas casas térreas e comércios locais que se distribuem nas ruas da região, o bairro geralmente é tranquilo e sossegado. Sendo assim, o teatro não tem tantos problemas quanto ao ruído ambiental e preocupações sérias com o isolamento da sala.

A edificação foi construída para abrigar a Companhia de Teatro Sia Santa criando condições para o desenvolvimento da atividade teatral para todas as idades.

b) Projeto Arquitetônico – organização interna e funcionalidade dos espaços

A edificação foi construída através da experiência teatral de Crispim Júnior e Jorge Fantini para funcionar como a companhia de teatro Sia Santa. A figura 7-11 apresenta fotos do interior da sala.



Figura 8-83. Interior do Teatro Sia Santa

Uma divisória faz a separação entre a sala e seu grande foyer. Dependendo da quantidade de pessoas para assistir a uma determinada peça teatral, essa divisória se abre e o foyer é adaptado para abrigar mais 65 cadeiras móveis, totalizando uma capacidade de 200 lugares.

Numa planta ortogonal praticamente simétrica (de acordo com a figura 8-84), os espaços são distribuídos adequadamente para abrigar 135 poltronas reclináveis e o apoio. A sala conta com equipamentos de luz, som, ar condicionado, saída de emergência, camarins triplos e coletivos bem dimensionados e ainda uma oficina cenotécnica. Na mesma edificação, no pavimento superior, existe uma estrutura para ensino e pesquisa.

Apesar da sala não precisar ter uma grande preocupação com o isolamento, já que foi instalado numa região silenciosa, o foyer, quando não utilizado para platéia, funciona como um ambiente intermediário que ajuda a diminuir o ruído externo proveniente do tráfego. Em relação ao layout interior, a presença de instalações sanitárias nas paredes adjacentes faz com que o ruído seja percebido dentro da sala.

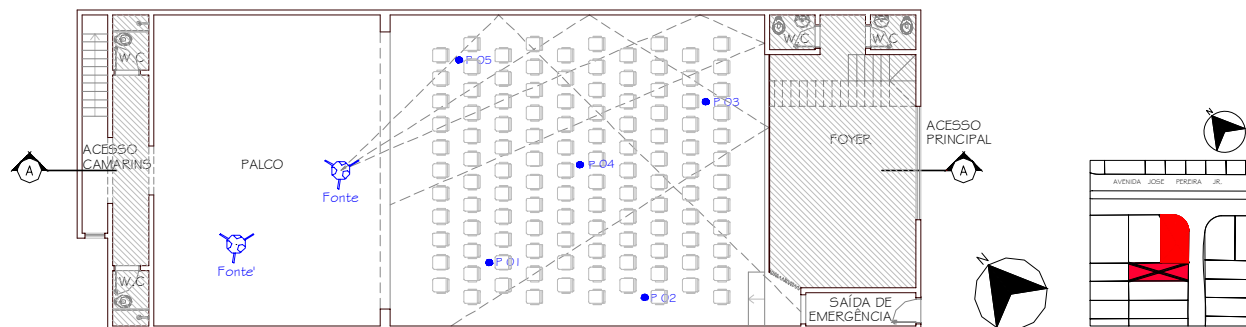


Figura 8-84. Planta do 1º pavimento – sem escala



Na figura 8-85, o corte esquemático indica que a visibilidade é prejudicada pelo piso sem inclinação, porém, a chegada do som direto acontece sem obstruções em todas as fileiras. Apesar da sala ser pequena e o som direto chegar até a última fileira com alguma intensidade, o teto reto, paralelo ao piso, formado por vigas de concreto pintadas de azul e isopor pintado de creme ajudam pouco, devido às características do isopor, na reflexão sonora para as últimas fileiras, o que pode ser positivo já que a divisória na parede posterior funciona como um refletor e pode contribuir para a formação de ecos em algumas poltronas.

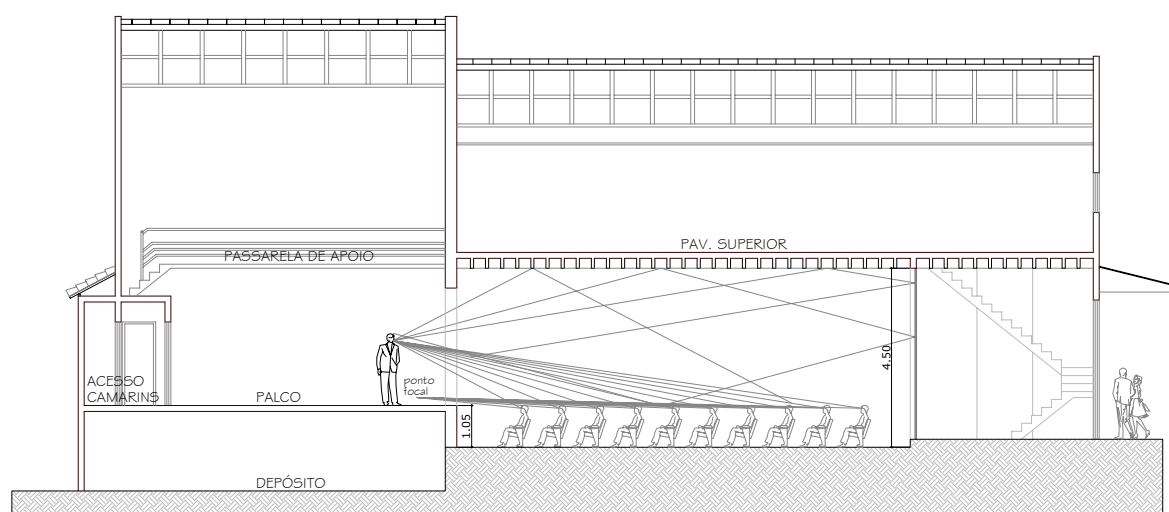


Figura 8-85. Corte Esquemático AA – sem escala

8.6.2 – Parâmetros Acústicos

a) Nível de Pressão Sonora – NPS (dB)

O ruído de fundo da sala foi medido e os resultados dos níveis de pressão sonora (NPS) em função da frequência estão apresentados na tabela 8-73. Segundo a norma NBR 10152 (1987), o nível sonoro de conforto para teatros refere-se a curva de NC 25 e o aceitável refere-se a curva NC 30. Na figura 8-86 estão indicados os valores de nível de pressão sonora (NPS) em função da frequência medidos e a comparação com os valores recomendados.

Tabela 8-73. Nível de Pressão Sonora da sala Sia Santa

| Frequência (Hz) | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|
| NPS (dB) | 20,3 | 18,1 | 19,1 | 19,4 | 16,0 | 12,9 | 11,1 |

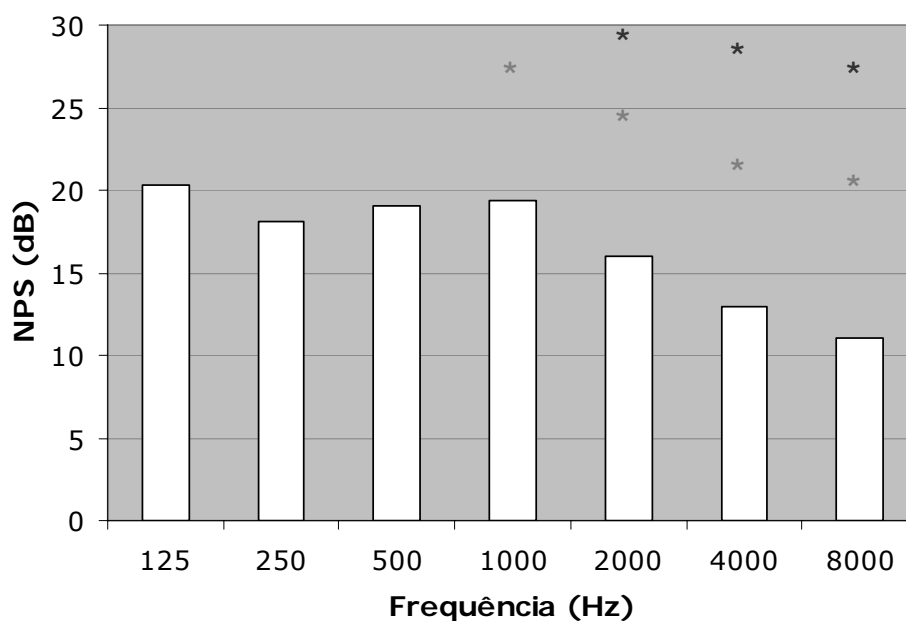


Figura 8-86. Espectro Sonoro do Teatro Sia Santa

* NC 25 – representa o nível sonoro para o conforto de teatros, segundo a NBR 10152.

* NC 30 – representa o nível sonoro aceitável para a finalidade, segundo a NBR 10152.

O nível sonoro global em dB e dB(A) característicos do espectro medido é de 26,2 dB e 23,5 dB(A), respectivamente.

O nível global em dB(A) também é um parâmetro que a norma NBR 10152 (1987) indica para avaliar o conforto do ambiente. O resultado encontrado está de acordo com a recomendação da norma.

e) NC

O teatro Sia Santa classifica-se na curva de avaliação de ruído como NC 20. Sendo assim, esta sala está de acordo com a norma NBR 10152 (1987), em relação ao nível de ruído de fundo.

f) SIL

O valor de SIL igual a 16,9 dB. A interferência na fala, além do valor de SIL, depende também da distância entre a fonte e receptor. Na tabela 8-74 estão indicadas as distâncias entre fonte e receptor na sala, de acordo com a figura 8-84.

Tabela 8-74. Distância em planta (m) entre fonte e receptor (pontos analisados)

| Ponto 01 | Ponto 02 | Ponto 03 | Ponto 04 | Ponto 05 |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 5,30 | 10,00 | 11,30 | 7,25 | 4,90 |

Tabela 8-75. Distância em planta (m) entre fonte' e receptor (pontos analisados)

| Ponto 01 | Ponto 02 | Ponto 03 | Ponto 04 | Ponto 05 |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 7,70 | 12,45 | 14,95 | 10,75 | 8,80 |

A análise da relação entre a fonte e o ouvinte, foi realizada através de um prolongamento do gráfico do nível de interferência na fala – SIL (MEHTA, JOHNSON & ROCAFORT, 1999), para níveis inferiores a 30 dB (valor mínimo fornecido pelo gráfico). Isso

demonstrou que um locutor pode falar num tom de voz normal que ele será ouvido com clareza no ponto mais distante da sala.

c) Tempo de Reverberação

O tempo de reverberação foi medido em função da frequência em cinco pontos distribuídos na sala conforme indicado na figura 8-84. Os valores medidos são apresentados nas tabelas 8-76 e 8-77 e nas figuras 8-87 e 8-88. Os gráficos permitem uma melhor visualização dos resultados.

Fonte localizada na parte central do palco

Tabela 8-76. Tempo de Reverberação (s) nos 5 pontos analisados – Teatro Sia Santa

| Freq. (Hz) | Ponto 01 | Ponto 02 | Ponto 03 | Ponto 04 | Ponto 05 | Médias | Desvio padrão |
|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|----------------------|
| 125 | 1,54 | 1,35 | 1,36 | 1,34 | 1,45 | 1,40 | 0,08 |
| 250 | 1,13 | 0,98 | 0,97 | 1,03 | 1,12 | 1,04 | 0,07 |
| 500 | 1,03 | 1,01 | 1,01 | 1,03 | 1,03 | 1,02 | 0,01 |
| 1000 | 1,13 | 1,04 | 1,03 | 1,13 | 1,09 | 1,08 | 0,04 |
| 2000 | 1,05 | 1,05 | 1,07 | 1,03 | 1,08 | 1,05 | 0,02 |
| 4000 | 0,91 | 0,94 | 0,93 | 1,94 | 0,90 | 1,12 | 0,41 |
| 8000 | 0,79 | 0,79 | 0,78 | 0,80 | 0,77 | 0,78 | 0,01 |

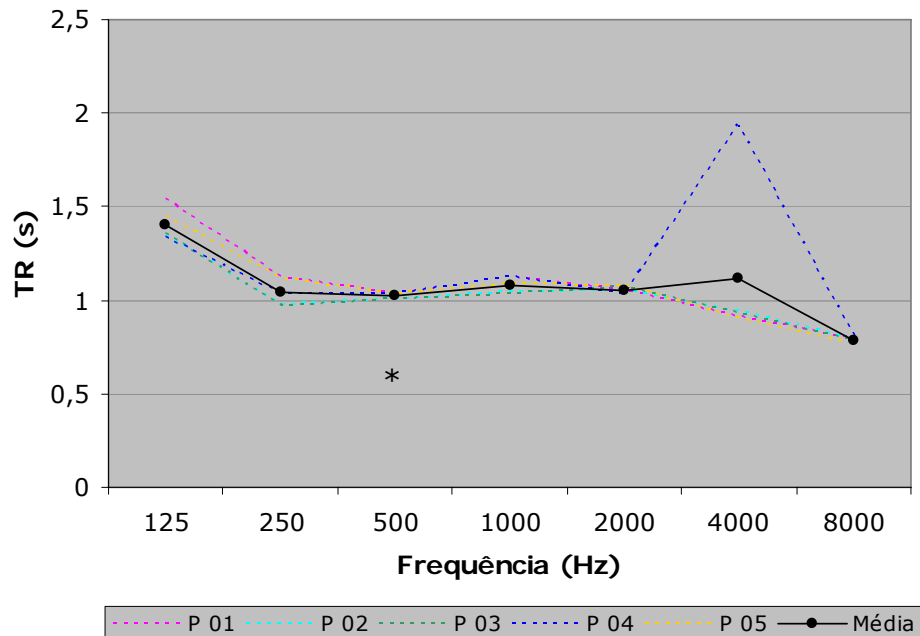


Figura 8-87. Tempo de reverberação do Teatro Sia Santa

(*) Tempo ótimo de Reverberação (Tot), em segundos, para a frequência de 500 Hz, segundo o gráfico proposto por Mehta, Johnson & Rocafort (1999).

Os resultados do gráfico da figura 8-87 indicam que na faixa de frequência entre 250 e 4000 Hz o tempo de reverberação tem uma resposta praticamente plana em frequência, diminuindo para a frequência 8000 Hz. O comportamento na frequência de 125 Hz indica uma elevação no tempo de reverberação que é característico de medidas a baixas frequências.

Fonte localizada na parte lateral do palco

Tabela 8-77. Tempo de Reverberação (s) nos 5 pontos analisados – Teatro Sia Santa

| Freq. (Hz) | Ponto 01 | Ponto 02 | Ponto 03 | Ponto 04 | Ponto 05 | Médias | Desvio padrão |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|---------------|
| 125 | 1,21 | 1,40 | 1,41 | 1,34 | 1,24 | 1,32 | 0,08 |
| 250 | 1,02 | 1,04 | 0,98 | 1,05 | 1,07 | 1,03 | 0,03 |
| 500 | 1,00 | 1,01 | 0,97 | 1,00 | 0,98 | 0,99 | 0,01 |
| 1000 | 1,10 | 1,10 | 1,09 | 1,04 | 1,08 | 1,08 | 0,02 |
| 2000 | 1,14 | 1,10 | 1,05 | 1,09 | 1,04 | 1,08 | 0,04 |
| 4000 | 0,97 | 0,97 | 0,95 | 0,97 | 0,96 | 0,96 | 0,01 |
| 8000 | 0,79 | 0,83 | 0,79 | 0,80 | 0,79 | 0,80 | 0,02 |

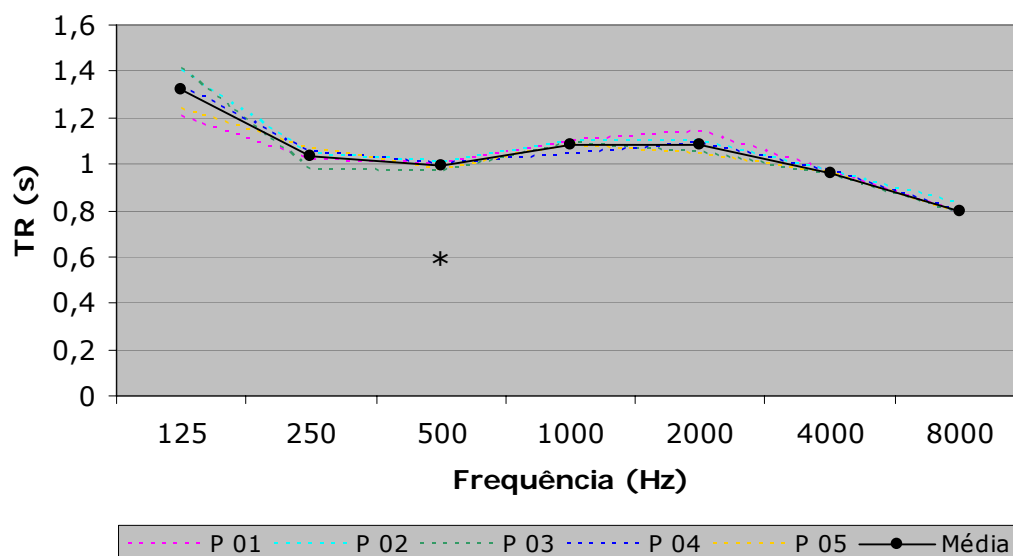


Figura 8-88. Tempo de Reverberação do Teatro Sia Santa

(*) Tempo ótimo de Reverberação (Tot), em segundos, para a frequência de 500 Hz, segundo o gráfico proposto por Mehta, Johnson & Rocafort (1999).

O comportamento do tempo de reverberação para as duas posições de fonte sonora é semelhante e estão acima do tempo ótimo de reverberação na frequência analisada de 500 Hz.

e) Tempo de decaimento inicial – EDT (s) “Early Decay Time”

O tempo de decaimento inicial foi medido nos cinco pontos avaliados da sala para duas posições da fonte sonora, conforme figura 8-84. Os valores medidos são apresentados nas tabelas 8-78 e 8-79 e nas figuras 8-89 e 8-90.

Fonte localizada na parte central do palco

Tabela 8-78. EDT (s) nos 5 pontos analisados – Teatro Sia Santa

| Freq. (Hz) | Ponto 01 | Ponto 02 | Ponto 03 | Ponto 04 | Ponto 05 | Médias | Desvio padrão |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|---------------|
| 125 | 1,10 | 1,10 | 0,94 | 0,73 | 1,54 | 1,08 | 0,27 |
| 250 | 1,02 | 0,84 | 1,09 | 0,79 | 1,02 | 0,95 | 0,12 |
| 500 | 0,88 | 0,75 | 0,93 | 0,87 | 0,92 | 0,87 | 0,06 |
| 1000 | 0,99 | 0,95 | 0,91 | 0,93 | 0,90 | 0,93 | 0,03 |
| 2000 | 0,90 | 0,95 | 0,98 | 1,04 | 0,86 | 0,95 | 0,06 |
| 4000 | 0,86 | 0,91 | 0,89 | 0,81 | 0,81 | 0,85 | 0,04 |
| 8000 | 0,71 | 0,78 | 0,78 | 0,70 | 0,75 | 0,74 | 0,03 |

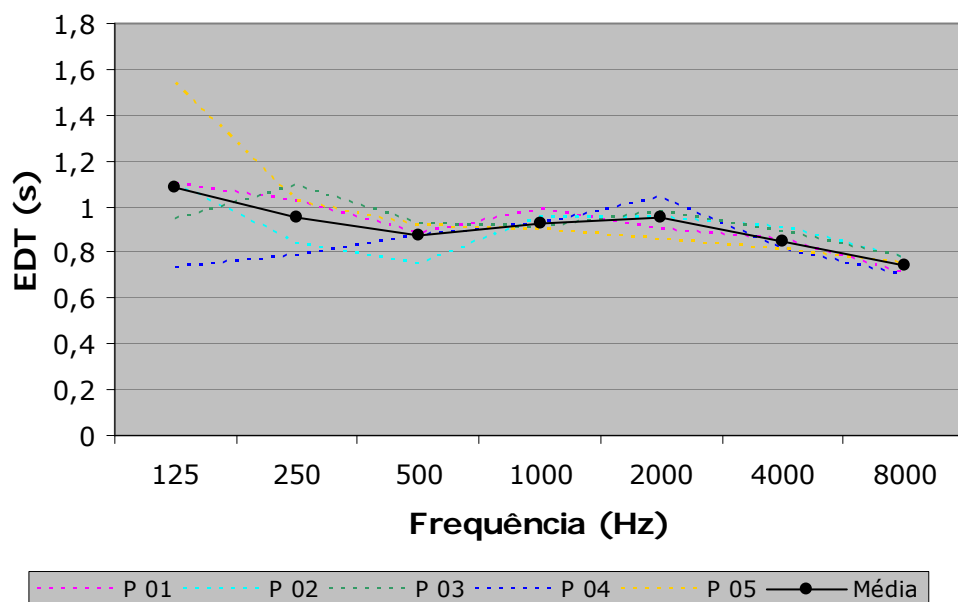


Figura 8-89. EDT (s) do teatro Sia Santa

Fonte localizada na parte lateral do palco

Tabela 8-79. EDT (s) nos 5 pontos analisados – Teatro Sia Santa

| Freq. (Hz) | Ponto 01 | Ponto 02 | Ponto 03 | Ponto 04 | Ponto 05 | Médias | Desvio padrão |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|---------------|
| 125 | 1,30 | 1,46 | 1,11 | 1,32 | 1,53 | 1,34 | 0,15 |
| 250 | 0,97 | 1,14 | 1,35 | 1,05 | 1,28 | 1,16 | 0,14 |
| 500 | 1,05 | 1,17 | 1,01 | 0,97 | 0,93 | 1,02 | 0,08 |
| 1000 | 0,94 | 0,99 | 1,10 | 1,02 | 0,97 | 1,00 | 0,05 |
| 2000 | 1,04 | 0,97 | 1,06 | 1,03 | 0,91 | 1,00 | 0,05 |
| 4000 | 0,99 | 1,00 | 0,89 | 0,89 | 0,86 | 0,92 | 0,06 |
| 8000 | 0,90 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,77 | 0,82 | 0,04 |

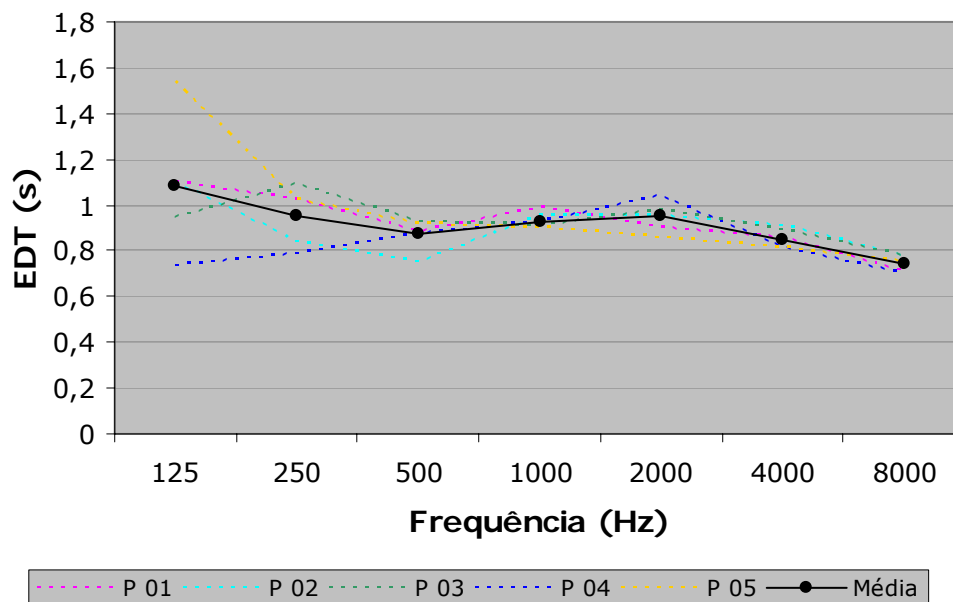


Figura 8-90. EDT (s) do teatro Sia Santa

Para a fonte localizada na parte central do palco, os valores de EDT são ligeiramente inferiores ao tempo de reverberação, indicando uma melhora na clareza já que existe uma concentração maior de reflexões úteis. Já para a fonte localizada na parte lateral os valores de EDT são superiores ao TR mostrando uma redução do som direto.

Os valores encontrados indicam que a sala, para a fonte na parte central do palco, está de acordo com o valor ideal menor que 1 segundo (média em 500, 1000 e 2000Hz), apresentado por Granado (2002). Para a fonte na parte lateral do palco, os valores estão no limite do recomendado.

f) Tempo central – Ts (ms)

O tempo central foi medido nas posições de fonte e receptores conforme figura 8-84. Os resultados são apresentados nas tabelas 8-80 e 8-81 e nos gráficos das figuras 8-91 e 8-92.

Fonte localizada na parte central do palco

Tabela 8-80. Tempo central (ms) nos 5 pontos analisados – Teatro Sia Santa

| Freq. (Hz) | Ponto 01 | Ponto 02 | Ponto 03 | Ponto 04 | Ponto 05 | Médias | Desvio padrão |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|---------------|
| 125 | 69,2 | 99,2 | 87,6 | 70,0 | 90,4 | 83,3 | 11,81 |
| 250 | 67,6 | 68,1 | 79,3 | 63,4 | 62,4 | 68,1 | 6,00 |
| 500 | 52,5 | 56,9 | 56,1 | 63,5 | 57,5 | 57,3 | 3,55 |
| 1000 | 63,9 | 59,8 | 57,9 | 68,2 | 52,2 | 60,4 | 5,42 |
| 2000 | 54,7 | 59,1 | 63,7 | 54,2 | 47,1 | 55,7 | 5,53 |
| 4000 | 40,2 | 59,4 | 57,5 | 42,7 | 39,3 | 47,8 | 8,77 |

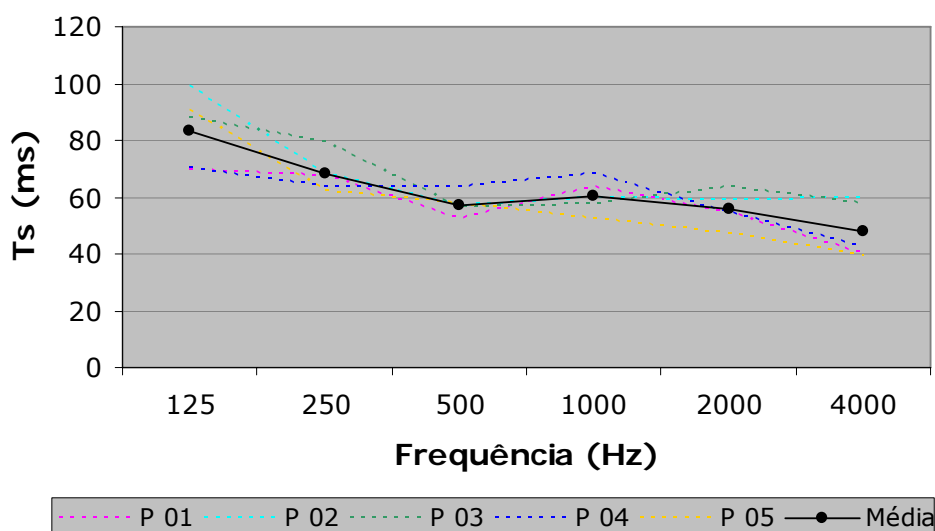


Figura 8-91. Tempo central do teatro Sia Santa

Fonte localizada na parte lateral do palco

Tabela 8-81. Tempo central (ms) nos 5 pontos analisados – Teatro Sia Santa

| Freq. (Hz) | Ponto 01 | Ponto 02 | Ponto 03 | Ponto 04 | Ponto 05 | Médias | Desvio padrão |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|---------------|
| 125 | 115,7 | 120,5 | 95,5 | 90,3 | 125,2 | 109,4 | 13,93 |
| 250 | 70,8 | 94,7 | 75,2 | 84,9 | 85,0 | 82,1 | 8,37 |
| 500 | 72,1 | 73,4 | 69,1 | 68,6 | 69,2 | 70,5 | 1,91 |
| 1000 | 73,6 | 73,9 | 72,7 | 69,8 | 69,1 | 71,8 | 1,99 |
| 2000 | 84,2 | 68,7 | 63,0 | 62,3 | 66,8 | 69,0 | 7,96 |
| 4000 | 76,7 | 67,5 | 58,7 | 54,7 | 68,7 | 65,2 | 7,78 |

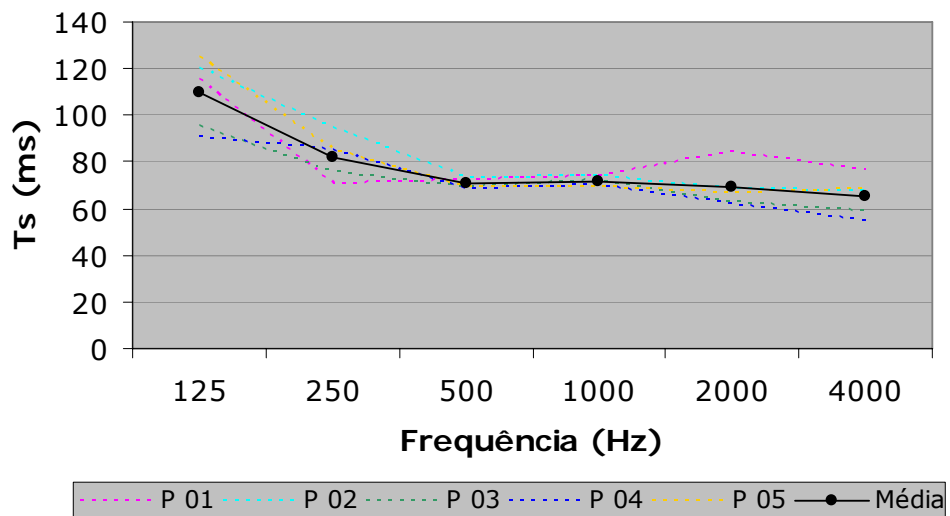


Figura 8-92. Tempo central do teatro Sia Santa

Conforme Ribeiro (2002), os valores do Tempo Central (T_s) devem ser menores que 80ms para salas de conferências. Apesar desta pesquisa ser direcionada aos estudos da palavra falada em salas destinadas a apresentações teatrais, utilizou-se como referência o valor determinado por Ribeiro (2002) por considerar o uso da palavra falada nos dois casos.

Os valores para a posição da fonte na parte central do palco são inferiores ao da fonte na parte lateral e indicam uma menor interferência da sala no sinal da resposta impulsiva.

g) Clareza – C_{80} (dB)

Este parâmetro está relacionado com análises em salas destinadas a apresentações musicais, porém a análise foi realizada para todas as posições avaliadas nas frequências de 125 a 4000 Hz e indicadas na figura 8-84. Os resultados são apresentados nas tabelas 8-82 e 8-83 e nas figuras 8-93 e 8-94.

Fonte localizada na parte central do palco

Tabela 8-82. Clareza (dB) nos 5 pontos analisados – Teatro Sia Santa

| Freq. (Hz) | Ponto 01 | Ponto 02 | Ponto 03 | Ponto 04 | Ponto 05 | Médias | Desvio padrão |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|---------------|
| 125 | 4,21 | 1,88 | 3,58 | 6,27 | 1,94 | 3,57 | 1,63 |
| 250 | 3,92 | 4,34 | 2,49 | 4,57 | 3,69 | 3,80 | 0,72 |
| 500 | 5,14 | 6,13 | 5,86 | 4,73 | 5,03 | 5,38 | 0,53 |
| 1000 | 3,64 | 4,20 | 5,15 | 2,65 | 5,50 | 4,23 | 1,03 |
| 2000 | 5,10 | 4,50 | 4,18 | 5,23 | 5,91 | 4,98 | 0,60 |
| 4000 | 6,42 | 4,47 | 4,77 | 6,58 | 6,96 | 5,84 | 1,02 |

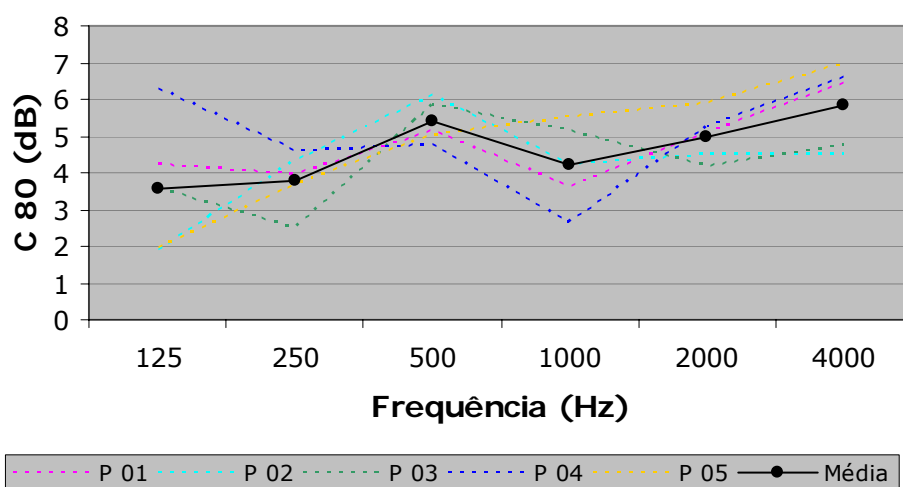


Figura 8-93. Clareza do teatro Sia Santa

Fonte localizada na parte lateral do palco

Tabela 8-83. Clareza (dB) nos 5 pontos analisados – Teatro Sia Santa

| Freq. (Hz) | Ponto 01 | Ponto 02 | Ponto 03 | Ponto 04 | Ponto 05 | Médias | Desvio padrão |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|---------------|
| 125 | -1,40 | -2,86 | -0,06 | 1,94 | -1,61 | -0,80 | 1,63 |
| 250 | 4,20 | -0,02 | 3,41 | 2,28 | 3,09 | 2,59 | 1,44 |
| 500 | 3,40 | 2,66 | 3,74 | 3,52 | 4,60 | 3,58 | 0,62 |
| 1000 | 2,56 | 2,59 | 3,26 | 3,28 | 3,20 | 2,98 | 0,33 |
| 2000 | 1,79 | 3,48 | 3,79 | 3,83 | 3,98 | 3,37 | 0,81 |
| 4000 | 2,36 | 2,84 | 4,12 | 4,96 | 3,69 | 3,59 | 0,92 |

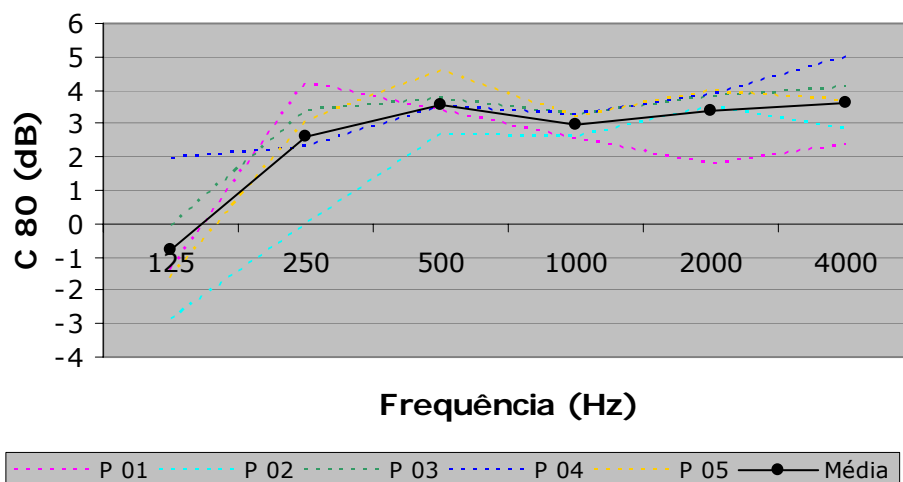


Figura 8-94. Clareza do teatro Sia Santa

Segundo Gomes, Ribeiro e Aquino (2004), os valores de C_{80} devem ser superiores a 6 dB para pequenos auditórios. Esta sala não apresenta boas características para a qualidade acústica de apresentações musicais.

h) Definição – D_{50}

O parâmetro D_{50} está correlacionado com a inteligibilidade da palavra falada, já que representa as reflexões que chegam ao ouvinte em até 50 ms após a chegada do som direto e com isso contribuem com o aumento da energia sonora. Os resultados são apresentados nas tabelas 8-84 e 8-85 e nas figuras 8-95 e 8-96.

Fonte localizada na parte central do palco

Tabela 8-84. Definição nos 5 pontos analisados – Teatro Sia Santa

| Freq. (Hz) | Ponto 01 | Ponto 02 | Ponto 03 | Ponto 04 | Ponto 05 | Médias | Desvio padrão |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|---------------|
| 125 | 0,62 | 0,35 | 0,36 | 0,56 | 0,53 | 0,48 | 0,11 |
| 250 | 0,50 | 0,53 | 0,43 | 0,57 | 0,60 | 0,52 | 0,06 |
| 500 | 0,69 | 0,64 | 0,71 | 0,66 | 0,60 | 0,66 | 0,04 |
| 1000 | 0,53 | 0,61 | 0,63 | 0,49 | 0,66 | 0,58 | 0,06 |
| 2000 | 0,60 | 0,59 | 0,55 | 0,65 | 0,64 | 0,60 | 0,04 |
| 4000 | 0,72 | 0,58 | 0,58 | 0,72 | 0,72 | 0,66 | 0,07 |

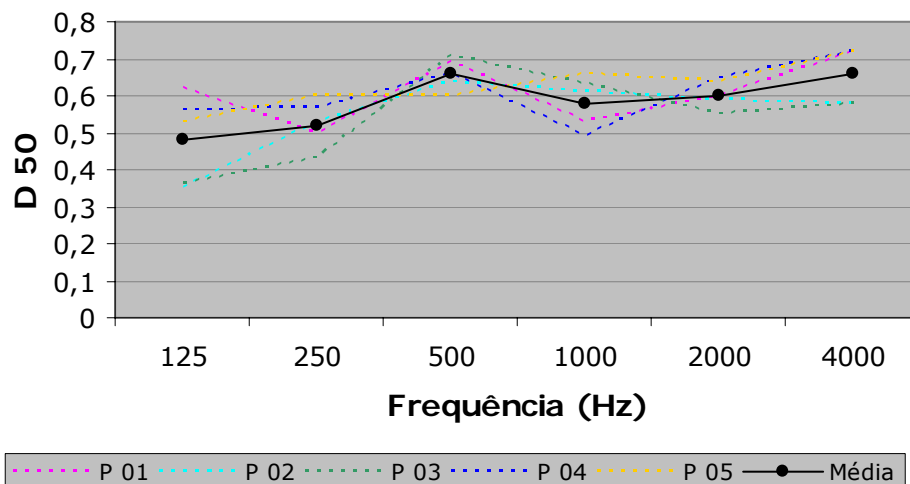


Figura 8-95. Definição do teatro Sia Santa

Fonte localizada na parte lateral do palco

Tabela 8-85. Definição nos 5 pontos analisados – Teatro Sia Santa

| Freq. (Hz) | Ponto 01 | Ponto 02 | Ponto 03 | Ponto 04 | Ponto 05 | Médias | Desvio padrão |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|---------------|
| 125 | 0,27 | 0,28 | 0,39 | 0,52 | 0,32 | 0,35 | 0,09 |
| 250 | 0,51 | 0,39 | 0,58 | 0,42 | 0,40 | 0,46 | 0,07 |
| 500 | 0,51 | 0,52 | 0,53 | 0,53 | 0,55 | 0,53 | 0,01 |
| 1000 | 0,46 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,48 | 0,49 | 0,02 |
| 2000 | 0,37 | 0,56 | 0,58 | 0,58 | 0,47 | 0,51 | 0,08 |
| 4000 | 0,43 | 0,53 | 0,58 | 0,61 | 0,44 | 0,52 | 0,07 |

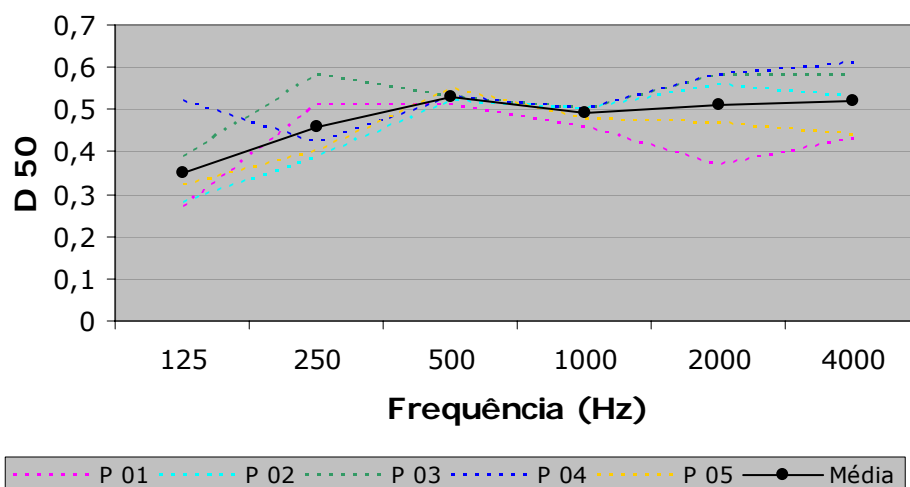


Figura 8-96. Definição do teatro Sia Santa

Para as duas posições da fonte a média dos valores indica uma melhor definição para a frequência de 500Hz. E é na frequência de 500Hz que ocorrem menos distorções entre as posições avaliadas.

As médias dos valores de D_{50} para as frequências de 125 a 4000Hz estão abaixo dos valores ideais, menores que 0,65, indicados por Ribeiro (2002).

i) Índice de transmissão da fala – STI “Speech Transmission Index”

Para uma fonte do sexo feminino, o índice de transmissão da fala tem como média 0,58, indicando que a sala tem uma inteligibilidade razoável. Para que a sala seja considerada boa, o índice deve ser maior que 0,60. A análise do STI foi realizada para a fonte localizada na parte central do palco, conforme figura 8-84 e os resultados são apresentados na tabela 8-86. As posições de ouvintes mais próximas da fonte sonora apresentam valores superiores.

Tabela 8-86. STI nos 5 pontos analisados – Teatro Sia Santa

| P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | Média | Desvio padrão |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|----------------------|
| 0,59 | 0,57 | 0,57 | 0,59 | 0,61 | 0,58 | 0,01 |



Rua Dr. Antonio da Costa
Carvalho, 480 – Cambuí
Campinas – SP
13024-050

Telefone (19) 3255-8656
www.culturainglesasp.com.br

8.7 SALA CULTURA INGLESA

Figura 8-97. Acesso à
Cultura Inglesa

O Edifício da Cultura Inglesa de Campinas define sua presença na paisagem do bairro, pela horizontalidade de sua forma, densa e pura. Um grande pórtico, integrante do volume principal, marca o acesso ao edifício, através de um espaço de transição “exterior-interior”, de caráter semi público, que acolhe os visitantes e os convida a entrar, orientados, neste percurso por uma curva, que penetra edifício adentro contrapondo-se à ortogonalidade do conjunto. A “sala Cultura Inglesa” se associa aos demais espaços de estar, de modo a possibilitar a abertura da escola à comunidade campineira, através do desenvolvimento de atividades e eventos culturais, que permitam associar “aprendizado e lazer” (BADARÓ, 1997).

FICHA

- **Área Construída (sala)** : Aproximadamente 125 m²
- **Data do Projeto**: Janeiro 1997
- **Data de Conclusão da Obra**: Junho 2002
- **Arquitetura**: Ricardo Badaró Arquitetura
- **Assessoria Acústica**: Ambiental S/C Ltda (arquiteto Luiz Carlos Chicherchio)
- **Principais usos**: Shows acústicos, apresentações teatrais, palestras, encontros de rock e corais

DADOS

- **Volume**: Aproximadamente 840 m³
- **Largura**: 10,92 m
- **Comprimento Total**: 10,92 m
- **Altura Principal**: 6,30 m
- **Área do Palco**: -
- **Capacidade**: 130 pessoas
- **Volume por Assento**: 6,45 m³

MATERIAIS CONSTRUTIVOS

- **Piso**: Concreto
- **Piso do palco**: -
- **Paredes laterais**: concreto pintado de creme
- **Parede curva**: tela metálica perfurada sobre material absorvente
- **Forro**: Placas acústicas
- **Portas de acesso**: duas portas em madeira cobertas por cortina de veludo azul marinho
- **Assentos**: tecido

b) Projeto Arquitetônico – organização interna e funcionalidade dos espaços

O espaço cultural Cultura Inglesa tem um grande pano de vidro na fachada principal, exatamente atrás da rampa de acesso aos estudantes. Para vedar a iluminação natural e o ruído exterior, uma cortina grossa de veludo foi colocada. No resto da parede que tem contato com o exterior, a parede curva, existe um revestimento acústico. A figura 7-19 apresenta fotos do interior da sala.



Figura 8-99. Interior da Sala Cultura Inglesa

O acesso à sala se dá através de uma porta dupla e uma cortina de veludo, vedando assim qualquer ruído exterior ou ainda, evitar que ruídos produzidos dentro da sala prejudiquem as aulas ministradas no edifício.

Os camarins funcionam no pavimento inferior com acesso pela escada localizada na parede adjacente à sala e o apoio de luz e som, localiza-se no mezanino, que têm acesso por uma escada localizada no exterior da sala com acesso pelo hall da escola.

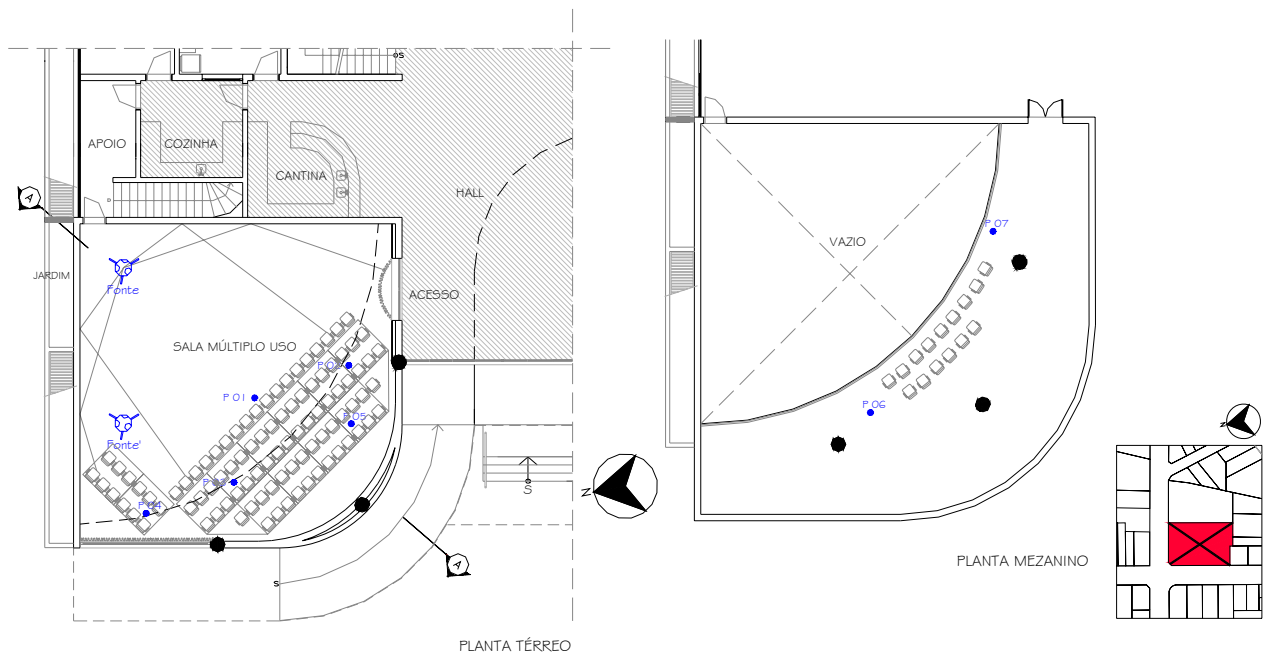


Figura 8-100. Planta do espaço cultural Cultura Inglesa – sem escala



A sala de planta praticamente quadrada é pequena e não requer preocupações especiais na formação de ecos. Mesmo assim, a parte inferior do mezanino é de material reflexivo e poderia fazer os raios sonoros voltarem à fonte, conforme a figura 7-21, se não fosse o uso de material absorvente em toda a parede oposta à fonte. As cadeiras são completamente móveis e se adaptam às diversas ocasiões. Arquibancadas feitas em módulos de 1,49m X 1,49m de madeira de 25 cm de altura sem acabamento também ajudam na visibilidade e na chegada do som direto das poucas fileiras.

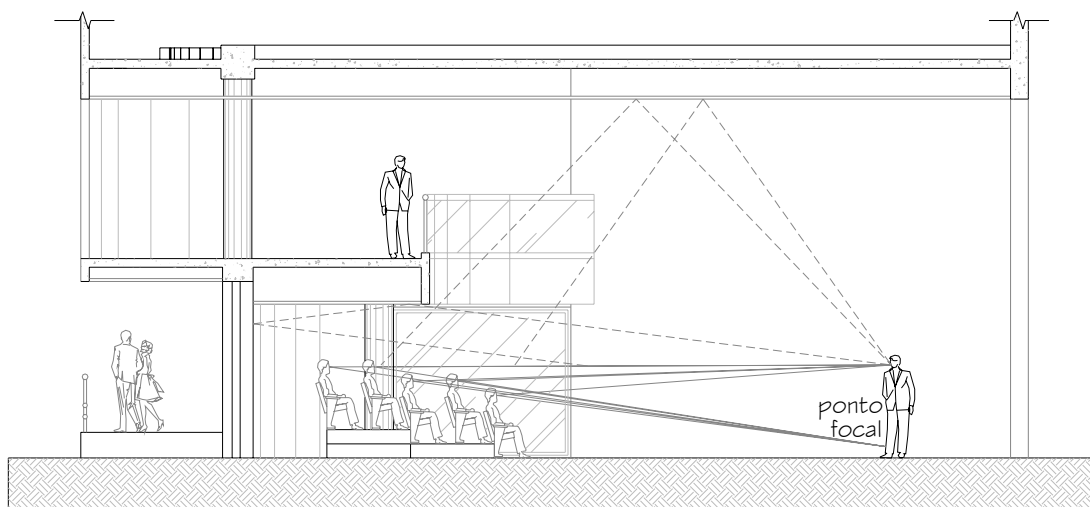


Figura 8-101. Corte AA – sem escala

8.7.2 – Parâmetros Acústicos

a) Nível de Pressão Sonora

O ruído de fundo da sala foi medido e os resultados dos níveis de pressão sonora (NPS) em função da frequência estão apresentados na tabela 8-87. Segundo a norma NBR 10152 (1987), o nível sonoro de conforto para teatros refere-se a curva de NC 25 e o aceitável refere-se a curva de NC 30. Na figura 8-102 estão indicados os valores de nível de pressão sonora (NPS) em função da frequência medidos e a comparação com os valores recomendados.

Tabela 8-87. Nível de Pressão Sonora da sala Cultura Inglesa

| Frequência (Hz) | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
|------------------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| NPS (dB) | 24,1 | 23,3 | 20,0 | 14,9 | 13,1 | 11,3 | 11,1 |

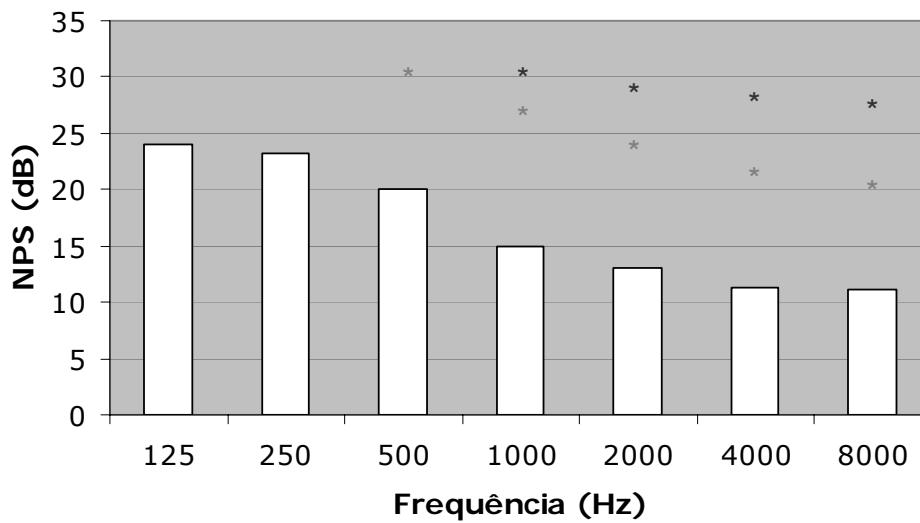


Figura 8-102. Espectro Sonoro da Sala Cultura Inglesa

* NC 25 – representa o nível sonoro para o conforto de teatros, segundo a NBR 10152.

* NC 30 – representa o nível sonoro aceitável para a finalidade, segundo a NBR 10152.

O nível sonoro global em dB e dB(A) característicos do espectro medido é 28,1 dB e 22,2 dB(A), respectivamente.

O nível global em dB(A) também é um parâmetro que a norma NBR 10152 (1987) indica para avaliar o conforto do ambiente. O resultado encontrado está de acordo com a recomendação da norma.

b) NC

O espaço cultural da escola Cultura Inglesa classifica-se na curva de avaliação de ruído (NC) como NC 20. Sendo assim, esta sala está de acordo com a norma NBR 10152 (1997) em relação ao nível de ruído de fundo.

c) SIL

O valor de SIL igual a 14,8 dB. A interferência na fala, além do valor de SIL, depende também da distância entre fonte e receptor. Nas tabelas 8-88 e 8-89 estão indicadas as distâncias entre fonte e receptor na sala de acordo com a figura 8-100.

Tabela 8-88. Distância em planta (m) entre fonte e receptor (pontos analisados)

| Ponto 01 | Ponto 02 | Ponto 03 | Ponto 04 | Ponto 05 | Ponto 06 | Ponto 07 |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 6,40 | 8,50 | 8,35 | 8,50 | 9,55 | 10,20 | 9,60 |

Tabela 8-89. Distância em planta (m) entre fonte' e receptor (pontos analisados)

| Ponto 01 | Ponto 02 | Ponto 03 | Ponto 04 | Ponto 05 | Ponto 06 | Ponto 07 |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 4,65 | 8,05 | 4,35 | 3,20 | 7,90 | 6,50 | 9,80 |

A análise da relação entre a fonte e o ouvinte, foi realizada através de um prolongamento do gráfico do nível de interferência na fala – SIL (MEHTA, JOHNSON & ROCAFORT, 1999), para níveis inferiores a 30 dB (valor mínimo fornecido pelo gráfico). Isso demonstrou que um locutor pode falar num tom de voz normal que ele será ouvido com clareza no ponto mais distante da sala.

d) Tempo de Reverberação

O tempo de reverberação foi medido em sete pontos da sala indicados na figura 8-100. Os valores medidos são apresentados nas tabelas 8-90 e 8-91 e nas figuras 8-103 e 8-104. Os gráficos permitem uma melhor visualização dos resultados.

Fonte localizada na posição “Fonte”, conforme figura 8-100.

| Tabela 8-90. Tempo de Reverberação (s) nos 7 pontos analisados – Sala Cultura Inglesa | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | P 07 | Médias | Desvio padrão |
| 125 | 0,78 | 0,69 | 0,66 | 0,72 | 0,67 | 0,84 | 0,76 | 0,73 | 0,06 |
| 250 | 0,76 | 0,73 | 0,76 | 0,72 | 0,76 | 0,77 | 0,80 | 0,76 | 0,02 |
| 500 | 0,68 | 0,72 | 0,72 | 0,69 | 0,71 | 0,74 | 0,74 | 0,71 | 0,02 |
| 1000 | 0,60 | 0,62 | 0,59 | 0,60 | 0,60 | 0,58 | 0,59 | 0,60 | 0,01 |
| 2000 | 0,58 | 0,62 | 0,57 | 0,65 | 0,64 | 0,64 | 0,68 | 0,62 | 0,04 |
| 4000 | 0,53 | 0,57 | 0,58 | 0,61 | 0,63 | 0,63 | 0,65 | 0,60 | 0,04 |
| 8000 | 0,49 | 0,51 | 0,51 | 0,52 | 0,52 | 0,54 | 0,56 | 0,52 | 0,02 |

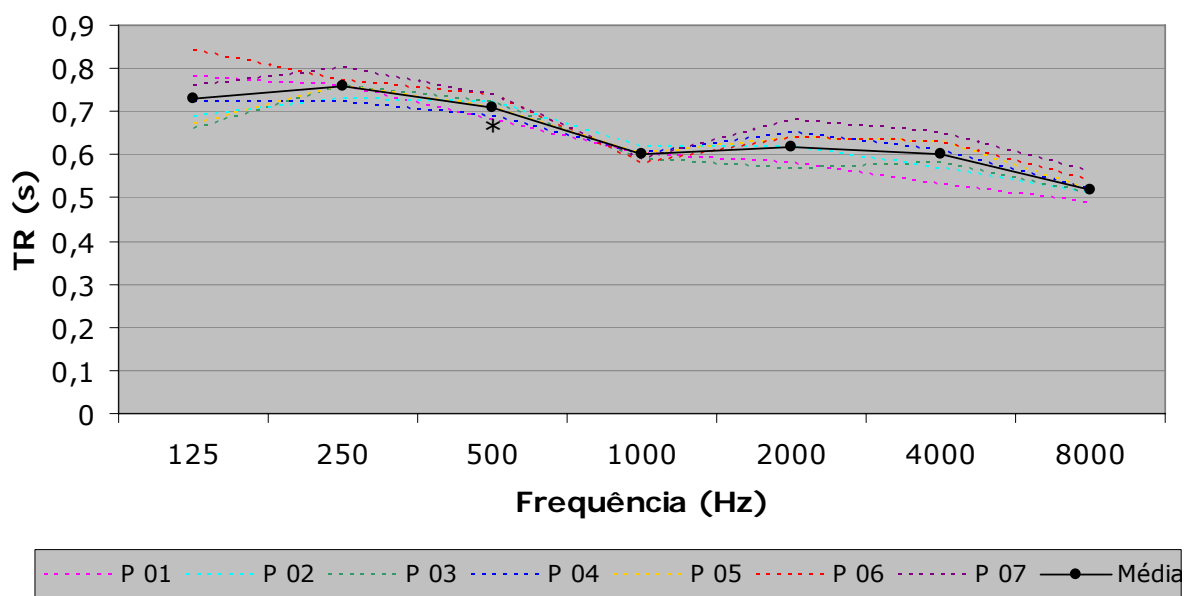


Figura 8-103. Tempo de Reverberação da Sala Cultura Inglesa

(*) Tempo ótimo de Reverberação (Tot), em segundos, para a frequência de 500 Hz, segundo o gráfico proposto por Mehta, Johnson & Rocafort (1999).

Os resultados do gráfico da figura 8-103 indicam que o tempo de reverberação tem um decaimento em função da frequência. O comportamento elevado nas frequências 125, 250 e 500 Hz em relação às outras frequências é característico de medidas em baixas frequências.

O tempo de reverberação está adequado em relação ao tempo ótimo recomendado por Mehta, Johnson & Rocafort (1999), para a palavra falada.

Fonte localizada na posição “Fonte’ ”, conforme figura 8-100.

Tabela 8-91. Tempo de Reverberação (s) nos 7 pontos analisados – Sala Cultura Inglesa

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | P 07 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 0,74 | 0,75 | 0,78 | 0,77 | 0,78 | 0,77 | 0,69 | 0,75 | 0,03 |
| 250 | 0,75 | 0,79 | 0,77 | 0,76 | 0,78 | 0,79 | 0,77 | 0,77 | 0,01 |
| 500 | 0,68 | 0,70 | 0,70 | 0,68 | 0,68 | 0,72 | 0,69 | 0,69 | 0,01 |
| 1000 | 0,59 | 0,59 | 0,60 | 0,61 | 0,58 | 0,57 | 0,59 | 0,59 | 0,01 |
| 2000 | 0,63 | 0,63 | 0,64 | 0,64 | 0,67 | 0,65 | 0,70 | 0,65 | 0,02 |
| 4000 | 0,58 | 0,58 | 0,64 | 0,61 | 0,65 | 0,63 | 0,67 | 0,62 | 0,03 |
| 8000 | 0,50 | 0,53 | 0,51 | 0,52 | 0,55 | 0,55 | 0,57 | 0,53 | 0,08 |

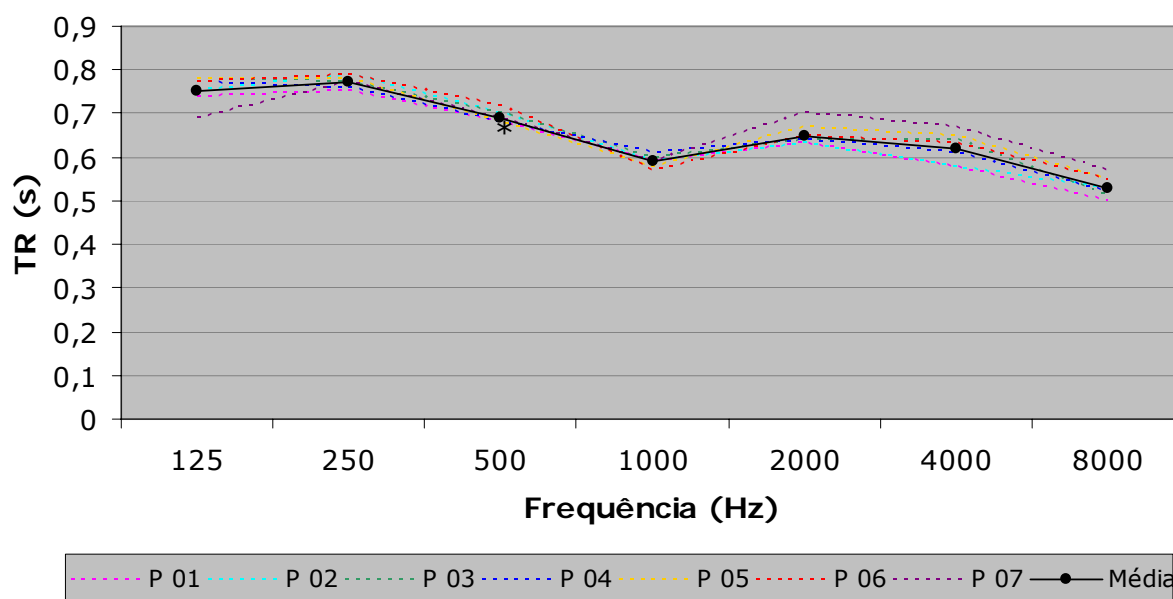


Figura 8-104. Tempo de reverberação da Sala Cultura Inglesa

(*) Tempo ótimo de Reverberação (Tot), em segundos, para a frequência de 500 Hz, segundo o gráfico proposto por Mehta, Johnson & Rocafort (1999).

Os valores para as duas posições de fonte e para as sete posições de ouvintes possuem um comportamento semelhante e confirmam que o tempo de reverberação de uma sala é uniforme em toda a sala.

e) Tempo de decaimento inicial – EDT (s) “Early Decay Time”

O tempo de decaimento inicial foi medido para todos os pontos avaliados e indicados na figura 8-100. Os resultados são apresentados nas tabelas 8-92 e 8-93 e nas figuras 8-105 e 8-106.

Fonte localizada na posição “Fonte”, conforme figura 8-100.

Tabela 8-92. EDT (s) nos 7 pontos analisados – Sala Cultura Inglesa

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | P 07 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 0,69 | 0,31 | 0,92 | 0,64 | 1,11 | 0,73 | 0,73 | 0,73 | 0,23 |
| 250 | 0,78 | 0,92 | 0,93 | 0,90 | 0,68 | 0,68 | 0,91 | 0,83 | 0,10 |
| 500 | 0,62 | 0,83 | 0,51 | 0,73 | 0,68 | 0,63 | 0,69 | 0,67 | 0,09 |
| 1000 | 0,53 | 0,50 | 0,51 | 0,55 | 0,53 | 0,57 | 0,71 | 0,56 | 0,07 |
| 2000 | 0,45 | 0,51 | 0,47 | 0,56 | 0,54 | 0,59 | 0,59 | 0,53 | 0,05 |
| 4000 | 0,39 | 0,53 | 0,40 | 0,52 | 0,47 | 0,54 | 0,56 | 0,49 | 0,06 |
| 8000 | 0,35 | 0,46 | 0,35 | 0,47 | 0,48 | 0,45 | 0,55 | 0,44 | 0,07 |

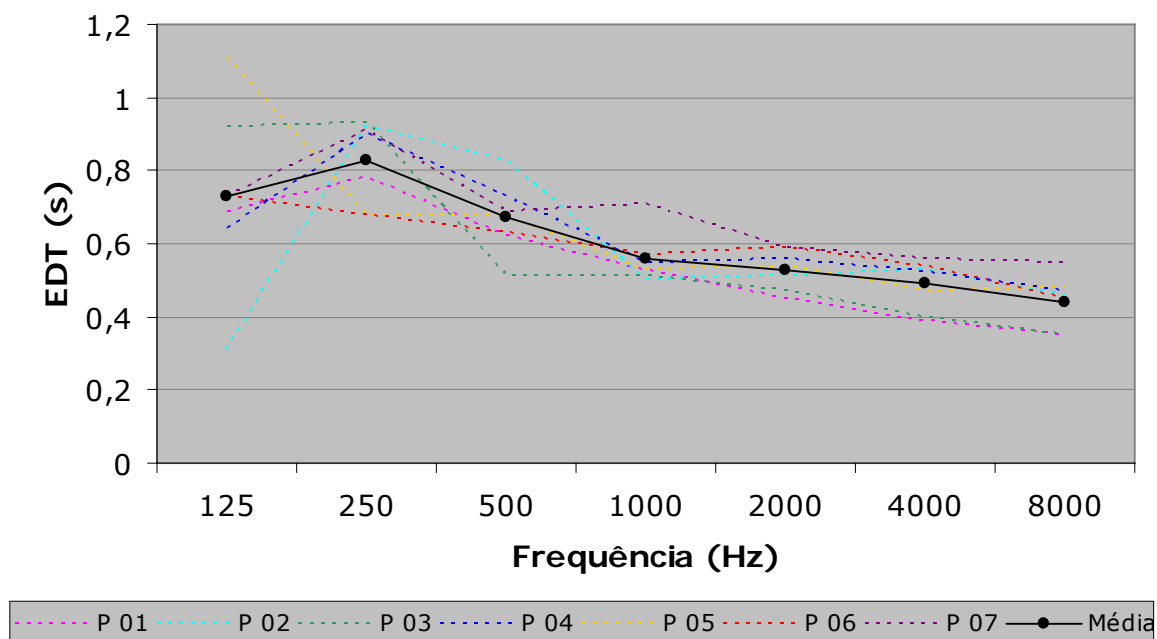


Figura 8-105. EDT da sala Cultura Inglesa

Fonte localizada na posição “Fonte’ ”, conforme figura 8-100.

Tabela 8-93. EDT (s) nos 7 pontos analisados – Sala Cultura Inglesa

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | P 07 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 0,97 | 0,88 | 0,96 | 0,26 | 0,93 | 0,57 | 1,36 | 0,85 | 0,32 |
| 250 | 0,75 | 0,97 | 0,94 | 0,36 | 0,89 | 0,55 | 1,12 | 0,80 | 0,24 |
| 500 | 0,58 | 0,84 | 0,68 | 0,57 | 0,64 | 0,76 | 0,82 | 0,70 | 0,10 |
| 1000 | 0,55 | 0,44 | 0,50 | 0,48 | 0,50 | 0,60 | 0,75 | 0,54 | 0,10 |
| 2000 | 0,47 | 0,44 | 0,43 | 0,47 | 0,40 | 0,67 | 0,73 | 0,51 | 0,12 |
| 4000 | 0,51 | 0,50 | 0,40 | 0,47 | 0,45 | 0,64 | 0,71 | 0,52 | 0,10 |
| 8000 | 0,51 | 0,44 | 0,40 | 0,35 | 0,39 | 0,57 | 0,69 | 0,48 | 0,11 |

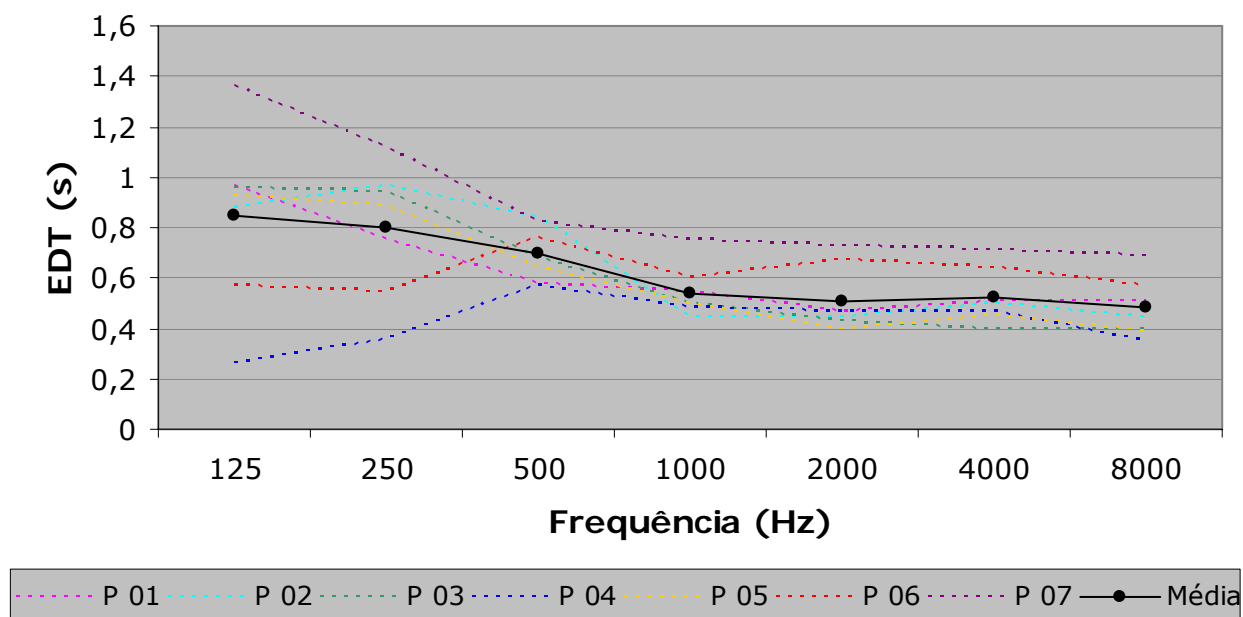


Figura 8-106. EDT da Sala Cultura Inglesa

Os valores de EDT possuem valores superiores ao tempo de reverberação nas baixas frequências e valores inferiores nas altas frequências.

Segundo Granado (2002), a média dos valores em 500, 1000 e 2000 Hz, deve ser inferior a 1 segundo para ser ideal em teatros. Levando este parâmetro em conta, a sala está adequada, tendo somente, em algumas posições, picos na frequência de 125 Hz.

f) Tempo central – Ts (ms)

O tempo central foi avaliado para as duas posições determinadas da fonte sonora e para os sete pontos de ouvintes. Os resultados são apresentados nas tabelas 8-94 e 8-95 e nos gráficos das figuras 8-107 e 8-108.

Fonte localizada na posição “Fonte”, conforme figura 8-100.

Tabela 8-94. Tempo Central (ms) nos 7 pontos analisados – Sala Cultura Inglesa

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | P 07 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 52,2 | 76,4 | 85,7 | 60,9 | 74,3 | 71,1 | 68,2 | 69,8 | 10,07 |
| 250 | 57,4 | 76,9 | 58,5 | 73,9 | 68,1 | 69,1 | 64,7 | 66,9 | 6,77 |
| 500 | 37,2 | 42,2 | 45,2 | 53,3 | 42,9 | 49,9 | 48,6 | 45,6 | 5,02 |
| 1000 | 30,7 | 33,8 | 32,3 | 38,2 | 29,4 | 49,7 | 42,4 | 36,6 | 6,77 |
| 2000 | 22,3 | 32,1 | 29,3 | 37,6 | 34,0 | 50,6 | 41,4 | 35,3 | 8,40 |
| 4000 | 16,5 | 31,1 | 21,7 | 31,1 | 28,1 | 47,4 | 38,0 | 30,5 | 9,42 |

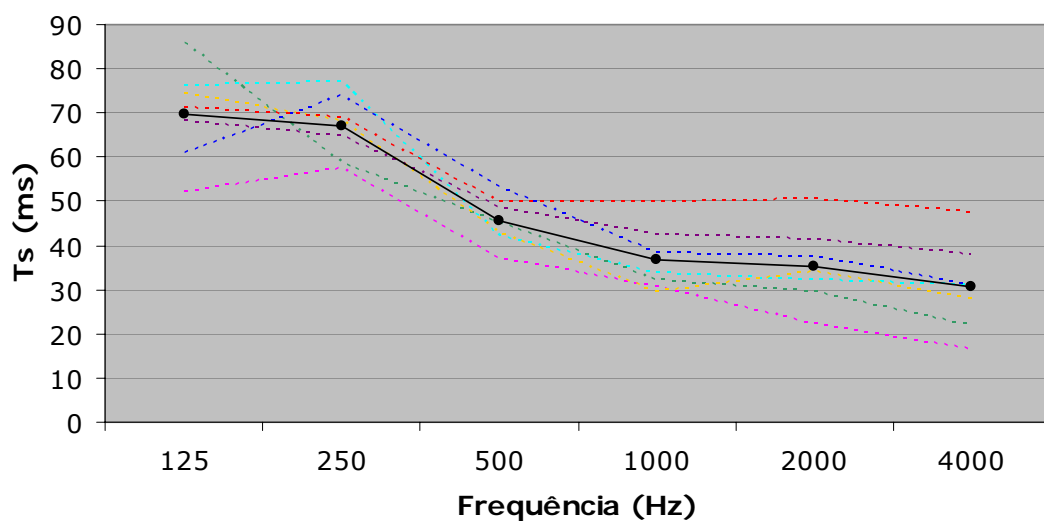


Figura 8-107. Tempo Central da Sala Cultura Inglesa

Fonte localizada na posição “Fonte’ ”, conforme figura 8-100.

| Tabela 8-95. Tempo Central (ms) nos 7 pontos analisados – Sala Cultura Inglesa | | | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | P 07 | Médias | Desvio padrão |
| 125 | 64,4 | 37,1 | 65,2 | 40,1 | 59,8 | 53,1 | 55,0 | 53,5 | 10,33 |
| 250 | 59,1 | 33,0 | 77,8 | 43,9 | 57,3 | 51,4 | 54,1 | 53,8 | 12,83 |
| 500 | 42,0 | 30,3 | 45,2 | 48,6 | 44,5 | 57,3 | 46,5 | 44,9 | 7,48 |
| 1000 | 30,1 | 19,4 | 39,1 | 34,4 | 27,4 | 57,0 | 43,7 | 35,9 | 11,32 |
| 2000 | 32,5 | 22,8 | 37,1 | 32,7 | 28,0 | 59,5 | 37,0 | 35,6 | 10,79 |
| 4000 | 33,8 | 29,7 | 33,5 | 36,0 | 33,2 | 57,2 | 32,2 | 36,5 | 8,62 |

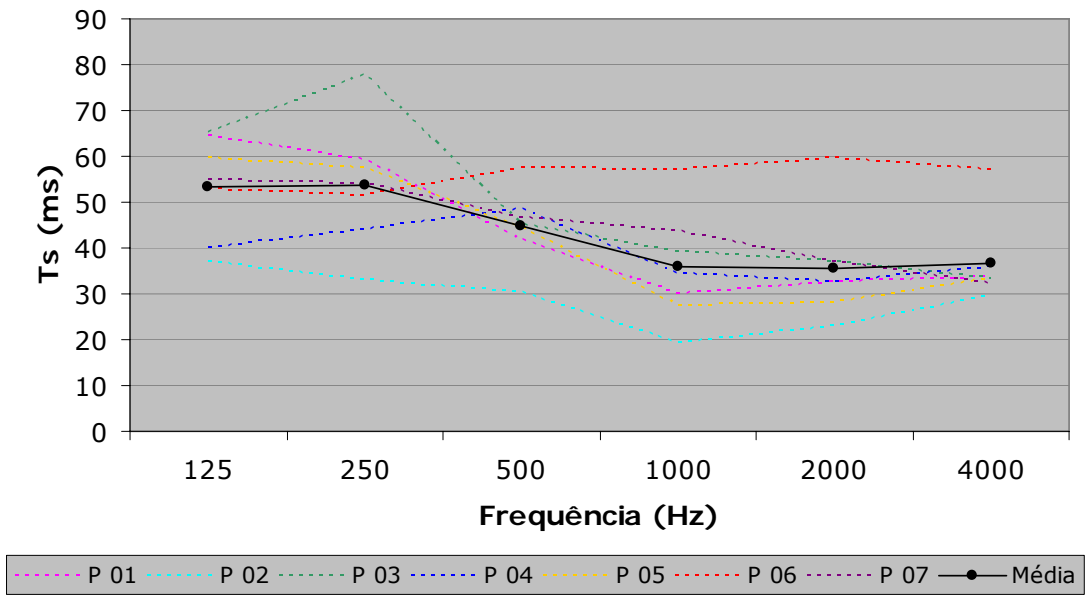


Figura 8-108. Tempo central da Sala Cultura Inglesa

Segundo Ribeiro (2002), os valores de Ts devem ser inferiores a 80 ms para salas de conferências. Apesar desta pesquisa ser direcionada aos estudos da palavra falada em salas para apresentações teatrais, utilizou-se como referência o valor determinado por Ribeiro (2002) por considerar o uso da palavra falada em ambos os casos.

Levando isto em conta, a sala está de acordo com o valor ideal e caracteriza uma boa clareza sonora.

Para a fonte sonora na posição "Fonte" os valores, nas baixas frequências, são superiores aos valores com a fonte sonora na posição "Fonte' ". Isso se deve a aproximação da fonte' às posições avaliadas.

g) Clareza – C_{80} (dB)

Clareza é um parâmetro utilizado para avaliar salas destinadas a apresentações musicais, apesar deste fato, a avaliação foi realizada para todas as posições avaliadas e os resultados são mostrados nas tabelas 8-96 e 8-97 e nas figuras 8-109 e 8-110.

Fonte localizada na posição "Fonte", conforme figura 8-100.

Tabela 8-96. Clareza (dB) nos 7 pontos analisados – Sala Cultura Inglesa

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | P 07 | Médias | Desvio padrão |
|------------|-------|------|-------|------|-------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 6,53 | 1,07 | -0,48 | 5,89 | 2,75 | 2,49 | 4,77 | 3,29 | 2,38 |
| 250 | 4,24 | 2,42 | 4,38 | 2,29 | 5,77 | 4,64 | 4,98 | 4,10 | 1,20 |
| 500 | 8,42 | 6,61 | 9,00 | 5,67 | 7,17 | 7,46 | 6,12 | 7,21 | 1,11 |
| 1000 | 9,96 | 9,64 | 9,45 | 8,36 | 11,02 | 7,44 | 6,96 | 8,97 | 1,34 |
| 2000 | 12,19 | 9,36 | 11,30 | 8,18 | 10,10 | 6,92 | 7,87 | 9,42 | 1,77 |
| 4000 | 13,44 | 9,59 | 12,49 | 9,74 | 11,07 | 7,68 | 8,32 | 10,33 | 1,96 |

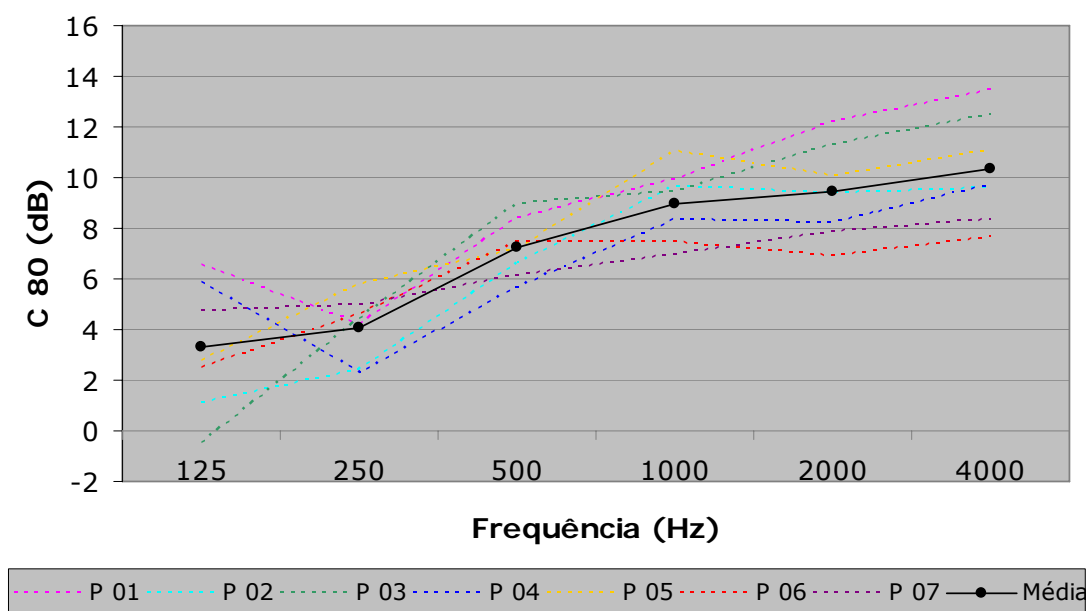


Figura 8-109. Clareza da sala Cultura Inglesa

Fonte localizada na posição "Fonte' ", conforme figura 8-100.

Tabela 8-97. Clareza (dB) nos 7 pontos analisados – Sala Cultura Inglesa

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | P 07 | Médias | Desvio padrão |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 2,74 | 5,83 | 4,08 | 11,61 | 4,84 | 8,05 | 3,71 | 5,84 | 2,84 |
| 250 | 5,84 | 7,56 | 2,87 | 9,69 | 5,60 | 7,83 | 3,83 | 6,17 | 2,20 |
| 500 | 8,32 | 8,01 | 6,49 | 7,70 | 7,01 | 5,58 | 4,93 | 6,86 | 1,18 |
| 1000 | 10,38 | 11,78 | 8,76 | 9,39 | 10,45 | 6,34 | 5,79 | 8,98 | 2,05 |
| 2000 | 10,11 | 11,56 | 9,43 | 9,48 | 11,68 | 5,30 | 7,42 | 9,28 | 2,10 |
| 4000 | 9,80 | 9,85 | 10,25 | 9,24 | 10,08 | 4,75 | 8,42 | 8,91 | 1,79 |

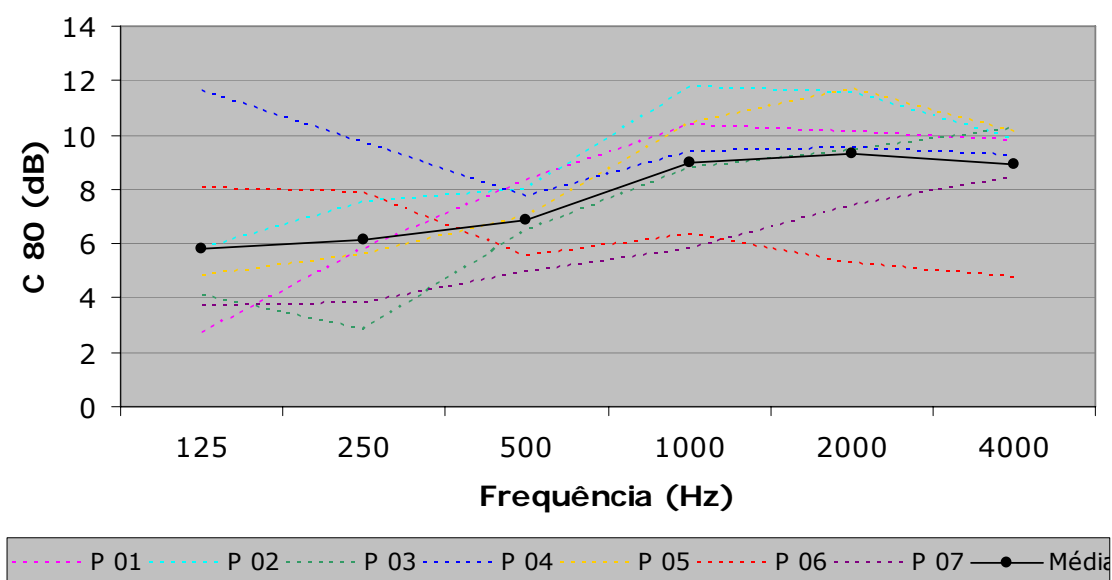


Figura 8-110. Clareza da Sala Cultura Inglesa

Embora este parâmetro seja utilizado para avaliar salas para apresentações musicais, os valores ideais apresentados por Gomes, Ribeiro e Aquino (2004) deve ser acima de 6dB. Com isso a sala apresenta melhores valores nas altas frequências.

h) Definição – D_{50}

Como a definição são as reflexões que atingem o ouvinte em até 50ms após a chegada do som direto e contribuem com a audibilidade do som é um importante parâmetro a ser avaliado. Os resultados são apresentados nas tabelas 8-98 e 8-99 e nas figuras 8-111 e 8-112.

Fonte localizada na posição “Fonte”, conforme figura 8-100.

Tabela 8-98. Definição nos 7 pontos analisados – Sala Cultura Inglesa

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | P 07 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 0,77 | 0,51 | 0,35 | 0,48 | 0,48 | 0,50 | 0,64 | 0,53 | 0,12 |
| 250 | 0,60 | 0,41 | 0,69 | 0,40 | 0,42 | 0,42 | 0,57 | 0,50 | 0,11 |
| 500 | 0,77 | 0,72 | 0,70 | 0,62 | 0,71 | 0,66 | 0,64 | 0,69 | 0,05 |
| 1000 | 0,80 | 0,74 | 0,79 | 0,73 | 0,78 | 0,57 | 0,70 | 0,73 | 0,07 |
| 2000 | 0,86 | 0,79 | 0,78 | 0,75 | 0,73 | 0,62 | 0,71 | 0,75 | 0,07 |
| 4000 | 0,90 | 0,77 | 0,86 | 0,77 | 0,81 | 0,62 | 0,75 | 0,78 | 0,08 |

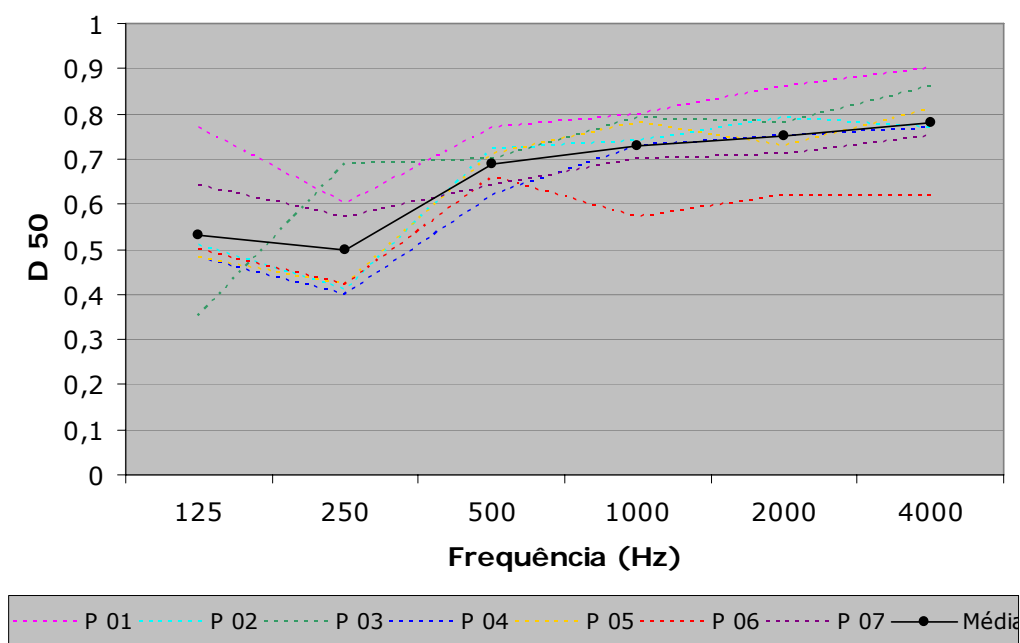


Figura 8-111. Definição da Sala Cultura Inglesa

Fonte localizada na posição "Fonte' ", conforme figura 8-100.

Tabela 8-99. Definição nos 7 pontos analisados – Sala Cultura Inglesa

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | P 07 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 0,53 | 0,80 | 0,62 | 0,90 | 0,64 | 0,76 | 0,65 | 0,70 | 0,12 |
| 250 | 0,50 | 0,78 | 0,29 | 0,84 | 0,69 | 0,72 | 0,65 | 0,64 | 0,17 |
| 500 | 0,71 | 0,78 | 0,69 | 0,71 | 0,68 | 0,62 | 0,68 | 0,69 | 0,04 |
| 1000 | 0,77 | 0,88 | 0,77 | 0,81 | 0,82 | 0,60 | 0,68 | 0,76 | 0,09 |
| 2000 | 0,76 | 0,87 | 0,79 | 0,82 | 0,84 | 0,54 | 0,75 | 0,77 | 0,10 |
| 4000 | 0,75 | 0,80 | 0,81 | 0,77 | 0,81 | 0,52 | 0,80 | 0,75 | 0,10 |

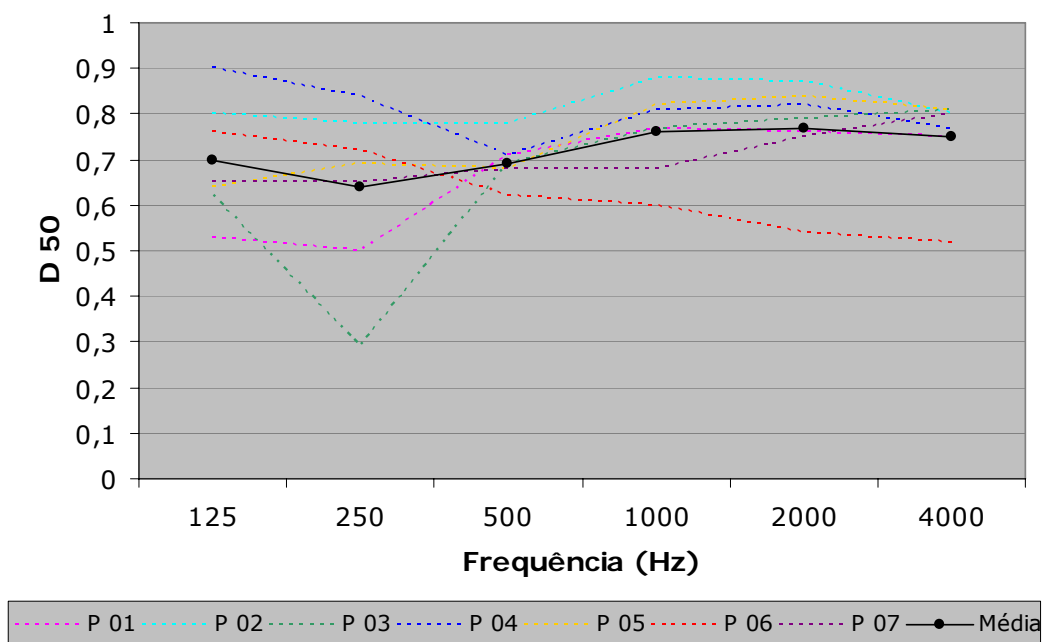


Figura 8-112. Definição da Sala Cultura Inglesa

A definição D_{50} tem sido comparada com a inteligibilidade da palavra falada. Sendo assim, este parâmetro é importante em avaliações para salas destinadas a apresentações teatrais.

Os valores ideais apresentados por Ribeiro (2002) devem ser superiores a 0,65. Esta sala então, apresenta melhores resultados nas altas frequências.

i) Índice de transmissão da fala – STI “Speech Transmission Index”

Para uma fonte sonora do sexo feminino, o índice de transmissão da fala tem como média 0,67. Este valor classifica a sala como boa no que diz respeito a inteligibilidade da palavra falada. A análise foi realizada para a fonte sonora localizada na posição “Fonte” e os resultados são apresentados na tabela 8-100.

Tabela 8-100. STI nos 7 pontos analisados – Sala Cultura Inglesa

| P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | P 07 | Média | Desvio padrão |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|----------------------|
| 0,73 | 0,63 | 0,73 | 0,68 | 0,69 | 0,61 | 0,61 | 0,67 | 0,04 |



Figura 8-113.
Perspectiva do Centro
Cultural

Rua Baronesa Geraldo de
Resende, 330 – Jd. Nossa
Senhora Auxiliadora
Campinas – SP
13075-270

Telefone (19) 3744 6820
www.liceu.com.br

8.8 ANFITEATRO DOM BOSCO

Liceu Salesiano N. Sra. Auxiliadora

O Liceu Salesiano Nossa Senhora Auxiliadora caminha no sentido da maior co-responsabilidade entre Salesianos e Leigos, e a integração Escola-Família-Comunidade. Numa área de 44.443 metros quadrados, no alto do Guanabara, com o prédio ainda inacabado, no dia 25 de julho de 1897, inaugurou-se essa casa de Educação e Ensino entregue por Dom Nery, recém-sagrado bispo, aos salesianos de Dom Bosco (LICEU SALESIANO NOSSA SENHORA AUXILIADORA, 2005).

FICHA

- **Área Interna da sala:** Aproximadamente 280m² (sem palco)
- **Data do Projeto:** Sem informação
- **Data de Conclusão da Obra:** Sem informação
- **Arquitetura:** Sem informação
- **Assessoria Acústica:** Sem informação
- **Principais usos:** Apresentações teatrais, dança, coral, conferências, seminários e apresentações musicais.

DADOS

- **Volume:** Aproximadamente 930 m³
- **Maior Largura:** 27,2 m
- **Comprimento Platéia:** 11,50 m
- **Altura Principal (acesso):** 3,05 m
- **Área do Palco:** 85 m²
- **Capacidade:** 338 pessoas
- **Volume por Assento:** 2,84 m²

MATERIAIS CONSTRUTIVOS

- **Piso:** Carpete cinza
- **Piso do palco:** Tábuas de madeira
- **Paredes laterais próximas ao palco:** Carpete bege
- **Paredes laterais:** Faixas de carpete bege e azul
- **Parede fundo:** Carpete azul e vidro
- **Forro:** Forro tipo colméia
- **Portas de acesso:** Madeira coberta com cortinas de veludo preta
- **Assentos:** Tecido vermelho

8.8.1 – Parâmetros arquitetônicos

a) Implantação e Contexto

O Liceu Salesiano Nossa Senhora Auxiliadora está inserido no meio de um grande terreno da Avenida Barão de Itapura, que liga o centro da cidade de Campinas ao Parque Taquaral. O grande complexo possui toda a estrutura para o desenvolvimento dos alunos. Na figura 8-114 é possível visualizar o contexto da região no qual o complexo escolar se insere.

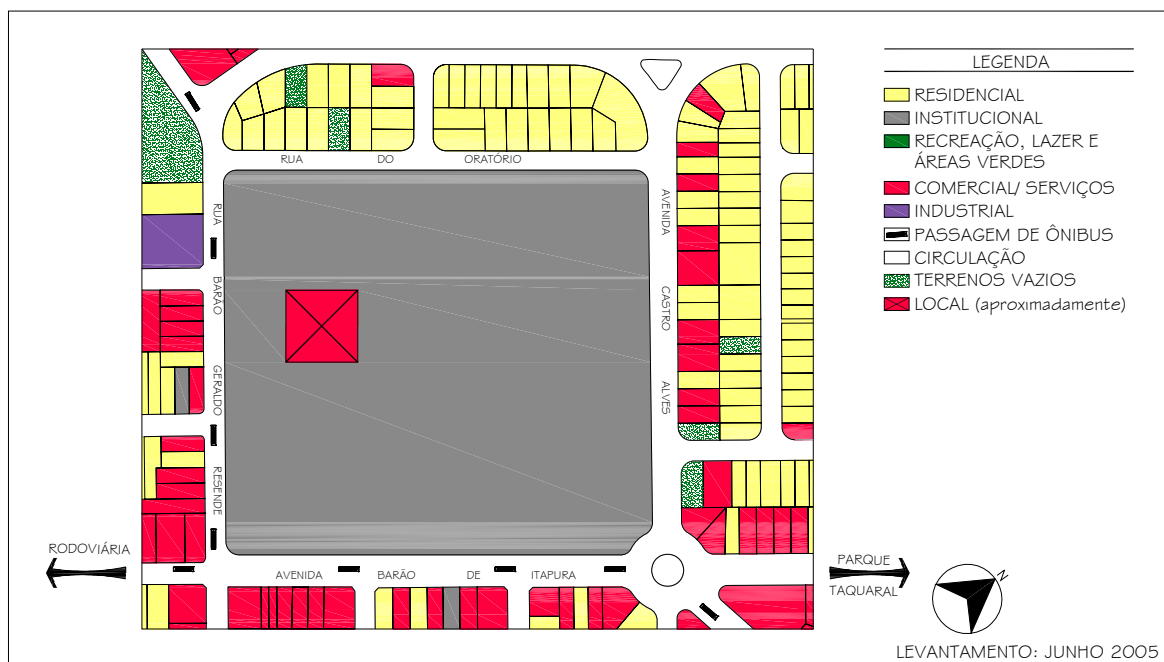


Figura 8-114. Mapa da região do anfiteatro Dom Bosco

Dentro deste complexo, existe o Centro Cultural com suas 50 (cinquenta) saletas de estudo, equipadas com computadores de última geração, multimídia e conexão com a Internet, bibliotecas informatizadas, auditórios com produção e controle de áudio, vídeo e iluminação informatizados com projetores multimídia e serviços de WebTV (LICEU SALESIANO NOSSA SENHORA AUXILIADORA, 2005).

O anfiteatro Dom Bosco localiza-se no pavimento inferior do Centro Cultural ajudando a minimizar os ruídos externos produzidos por carros, de um estacionamento em frente ao Centro Cultural e da rua ao lado, e de alunos em diversos horários.

b) Projeto Arquitetônico – organização interna e funcionalidade dos espaços

A edificação do Centro Cultural é suntuosa, imponente e se destaca dentro do complexo escolar. O anfiteatro Dom Bosco, particularmente abriga uma estrutura para 338 pessoas. A figura 8-115 apresenta fotos do interior da sala.

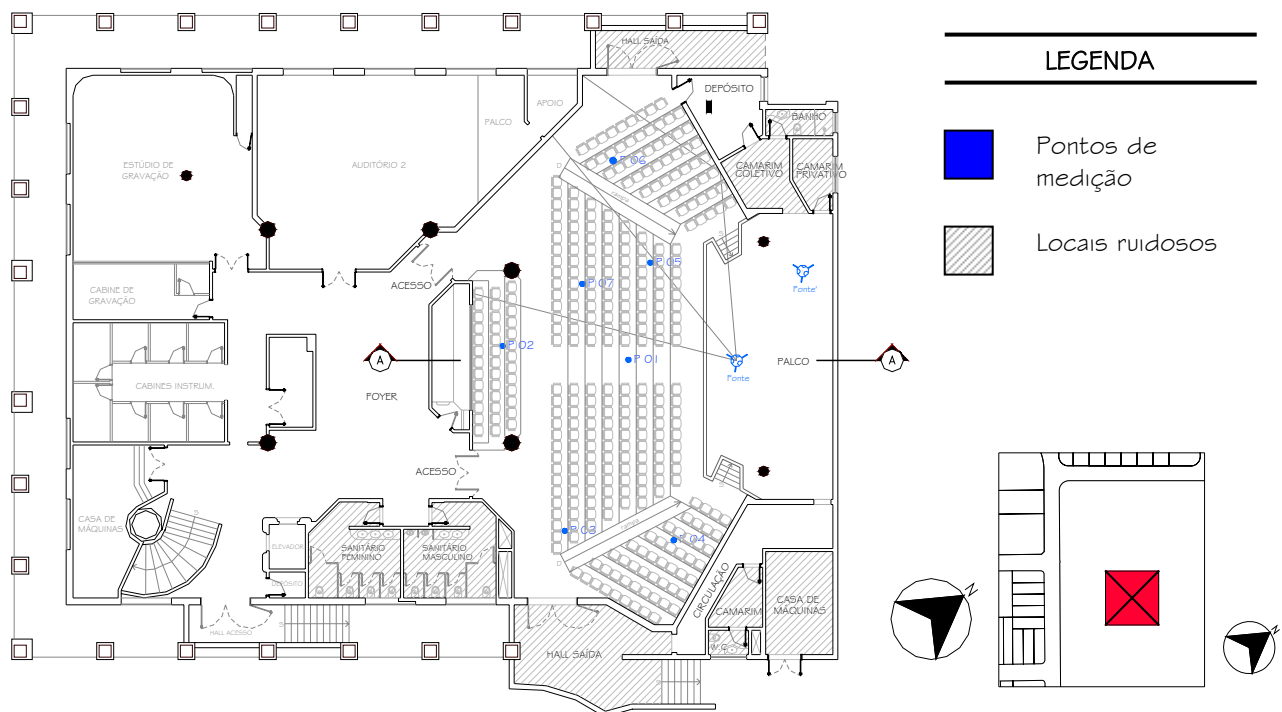


Figura 8-115. Interior do Anfiteatro Dom Bosco

Neste projeto existem muitas qualidades a serem ressaltadas. Primeiramente nota-se que o anfiteatro localiza-se no pavimento inferior para minimizar o ruído exterior da escola e da rua lateral, Rua Barão Geraldo Resende. Nota-se também, a presença de ambientes no entorno da sala, como corredores de circulação e depósitos, que funcionam como uma barreira acústica (conforme figura 8-116).

Os sanitários foram separados da sala por um shed e um vazio para não existir a interferência das instalações sanitárias dentro da sala. As saídas de apoio e emergência localizam-se nas laterais e são marcadas por muros de separação entre o exterior e o interior, que ajudam também a barrar o ruído externo.

Na figura 8-116 ainda é possível observar que a visualização das poltronas laterais está no limite máximo permitido em algumas bibliografias de referência, com angulação das paredes laterais de 60°.



O forro perpendicular às paredes é formado por forro tipo colméia de lâminas metálicas em formato U que permitem uma transparência acústica. Acima do forro, no preenchimento da laje nervurada existe o material acústico Sonex, que é bastante absorvente e evita que os sons voltem ao ambiente. Apesar do visual agradável, esta composição de forro prejudica algumas posições da platéia por receber em menor proporção, a energia sonora refletida no forro.

Os pisos são forrados com carpete para evitar o ruído de impacto, que se caracterizam por baixas frequências e normalmente são difíceis de controlar. Apesar deste controle dentro da sala, notou-se, durante as medições, a presença de ruído vindo do pavimento superior e dos reatores das luminárias. As paredes laterais são revestidas com faixas de carpete bege e azul alternadamente e o acabamento entre estas faixas é de madeira.

Na figura 8-117, as linhas de visibilidade mostram que a chegada do som direto é adequada para todas as fileiras. Já a visibilidade é prejudicada nas últimas fileiras devido à relação da pequena inclinação da platéia com a altura do palco.

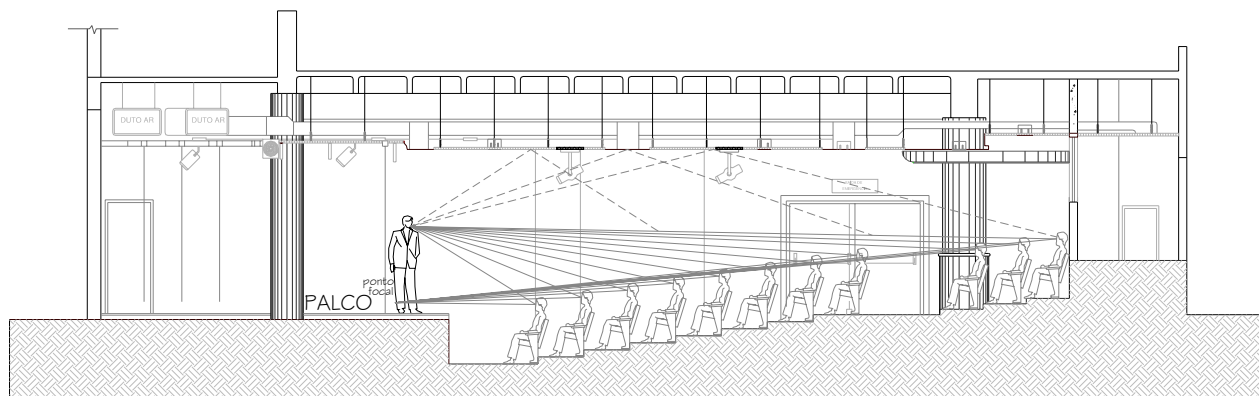


Figura 8-117. Corte AA – sem escala

8.8.2 – Parâmetros Acústicos

a) Nível de Pressão Sonora

O ruído de fundo da sala foi medido e os resultados dos níveis de pressão sonora (NPS) em função da frequência estão apresentados na tabela 8-101. Segundo a norma NBR 10152 (1987), o nível sonoro de conforto para teatros refere-se a curva de NC 25 e o aceitável refere-se a curva NC 30. Na figura estão indicados os valores de nível de pressão sonora (NPS) em função da frequência medidos e a comparação com os valores recomendados.

Tabela 8-101. Nível de Pressão Sonora do anfiteatro Dom Bosco

| Frequência (Hz) | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
|------------------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| NPS (dB) | 31,4 | 27,0 | 23,6 | 16,0 | 10,8 | 10,3 | 13,8 |

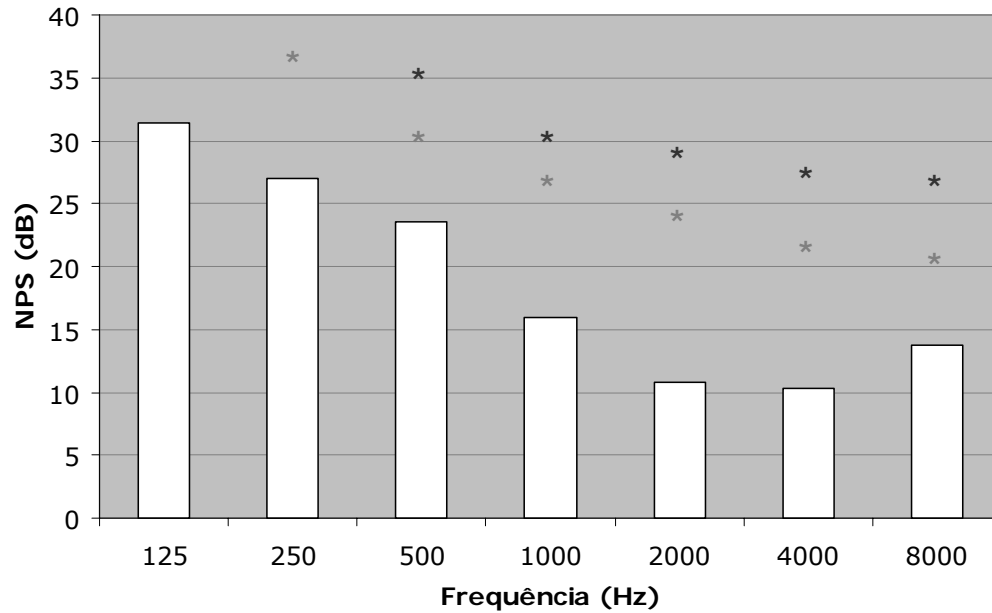


Figura 8-118. Espectro Sonoro do anfiteatro Dom Bosco

* NC 25 – representa o nível sonoro para o conforto de teatros, segundo a NBR 10152.

* NC 30 – representa o nível sonoro aceitável para a finalidade, segundo a NBR 10152.

O nível sonoro global em dB e dB(A) característicos do espectro medido é de 33,4 dB e 24,8 dB(A), respectivamente.

O nível global em dB(A) também é um parâmetro que a norma NBR 10152 (1987) indica para avaliar o conforto do ambiente. O resultado encontrado indica que esta sala tem um valor inferior ao mínimo de conforto recomendado.

b) NC

O anfiteatro Dom Bosco, classifica-se na curva de avaliação de ruído (NC) como NC 20. Sendo assim, esta sala está abaixo do nível mínimo de conforto recomendado pela norma NBR 10152.

c) SIL

O valor de SIL igual a 15,2 dB. A interferência na fala, além do valor de SIL, depende também da distância entre fonte e receptor. Nas tabelas 8-102 e 8-103 estão indicadas as distâncias entre fonte e receptor na sala de acordo com a figura 8-116.

Tabela 8-102. Distância em planta (m) entre fonte e receptor (pontos analisados)

| Ponto 01 | Ponto 02 | Ponto 03 | Ponto 04 | Ponto 05 | Ponto 06 | Ponto 07 |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 5,40 | 11,70 | 12,00 | 9,45 | 6,50 | 11,65 | 8,60 |

Tabela 8-103. Distância em planta (m) entre fonte' e receptor (pontos analisados)

| Ponto 01 | Ponto 02 | Ponto 03 | Ponto 04 | Ponto 05 | Ponto 06 | Ponto 07 |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 9,75 | 15,45 | 17,50 | 14,80 | 7,60 | 10,95 | 11,00 |

A análise da relação entre a fonte e o ouvinte, foi realizada através de um prolongamento do gráfico do nível de interferência na fala – SIL (MEHTA, JOHNSON & ROCAFORT, 1999), para níveis inferiores a 30 dB (valor mínimo fornecido pelo gráfico). Isso demonstrou que um locutor pode falar num tom de voz normal que ele será ouvido com clareza no ponto mais distante da sala.

d) Tempo de Reverberação

O tempo de reverberação foi medido em função da frequência em sete pontos da sala indicados na figura 8-116. Os valores são apresentados nas tabelas 8-104 e 8-105 e nas figuras 8-119 e 8-120. O gráfico permite uma melhor visualização dos resultados.

Fonte localizada na parte central do palco, conforme figura 8-116.

Tabela 8-104. Tempo de Reverberação (s) nos 7 pontos analisados – Anfiteatro Dom Bosco

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | P 07 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 0,77 | 0,57 | 0,71 | 0,65 | 0,65 | 0,82 | 0,75 | 0,70 | 0,08 |
| 250 | 0,59 | 0,53 | 0,58 | 0,56 | 0,63 | 0,65 | 0,65 | 0,60 | 0,04 |
| 500 | 0,50 | 0,51 | 0,54 | 0,52 | 0,50 | 0,52 | 0,51 | 0,51 | 0,01 |
| 1000 | 0,48 | 0,50 | 0,52 | 0,49 | 0,45 | 0,52 | 0,51 | 0,50 | 0,02 |
| 2000 | 0,48 | 0,58 | 0,61 | 0,53 | 0,49 | 0,59 | 0,59 | 0,55 | 0,05 |
| 4000 | 0,43 | 0,56 | 0,60 | 0,44 | 0,44 | 0,53 | 0,56 | 0,51 | 0,07 |
| 8000 | 0,37 | 0,44 | 0,44 | 0,39 | 0,36 | 0,46 | 0,44 | 0,41 | 0,04 |

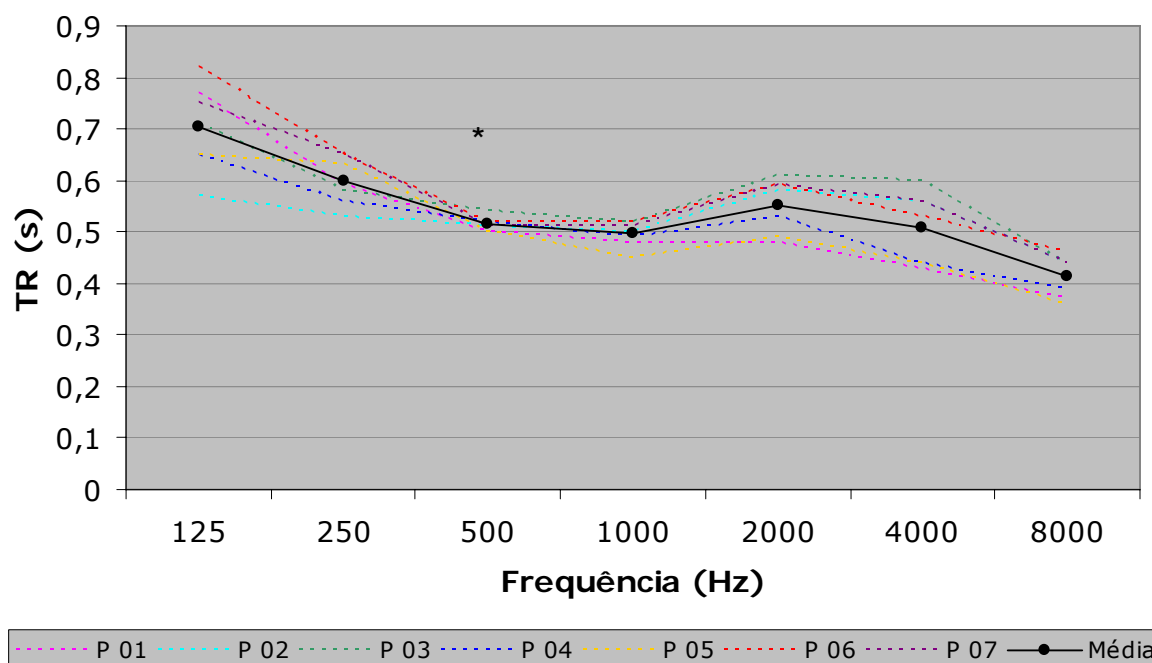


Figura 8-119. Tempo de Reverberação do Anfiteatro Dom Bosco

(*) Tempo ótimo de Reverberação (Tot), em segundos, para a frequência de 500 Hz, segundo o gráfico proposto por Mehta, Johnson & Rocafort (1999).

Os resultados do gráfico da figura 8-119 indicam que na frequência de 125 Hz, o tempo de reverberação tem uma elevação, um comportamento característico de medidas a baixas frequências.

Fonte localizada na parte lateral frontal da sala, conforme figura 8-116.

Tabela 8-105. Tempo de Reverberação (s) nos 7 pontos analisados – Anfiteatro Dom Bosco

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | P 07 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 0,74 | 0,78 | 0,73 | 0,69 | 0,77 | 0,88 | 0,82 | 0,77 | 0,06 |
| 250 | 0,66 | 0,53 | 0,69 | 0,69 | 0,62 | 0,62 | 0,67 | 0,64 | 0,05 |
| 500 | 0,51 | 0,51 | 0,53 | 0,51 | 0,52 | 0,55 | 0,52 | 0,52 | 0,01 |
| 1000 | 0,47 | 0,49 | 0,50 | 0,50 | 0,49 | 0,54 | 0,48 | 0,50 | 0,02 |
| 2000 | 0,53 | 0,63 | 0,61 | 0,58 | 0,53 | 0,65 | 0,58 | 0,59 | 0,04 |
| 4000 | 0,51 | 0,58 | 0,59 | 0,53 | 0,47 | 0,61 | 0,56 | 0,55 | 0,05 |
| 8000 | 0,42 | 0,45 | 0,47 | 0,42 | 0,39 | 0,50 | 0,45 | 0,44 | 0,03 |

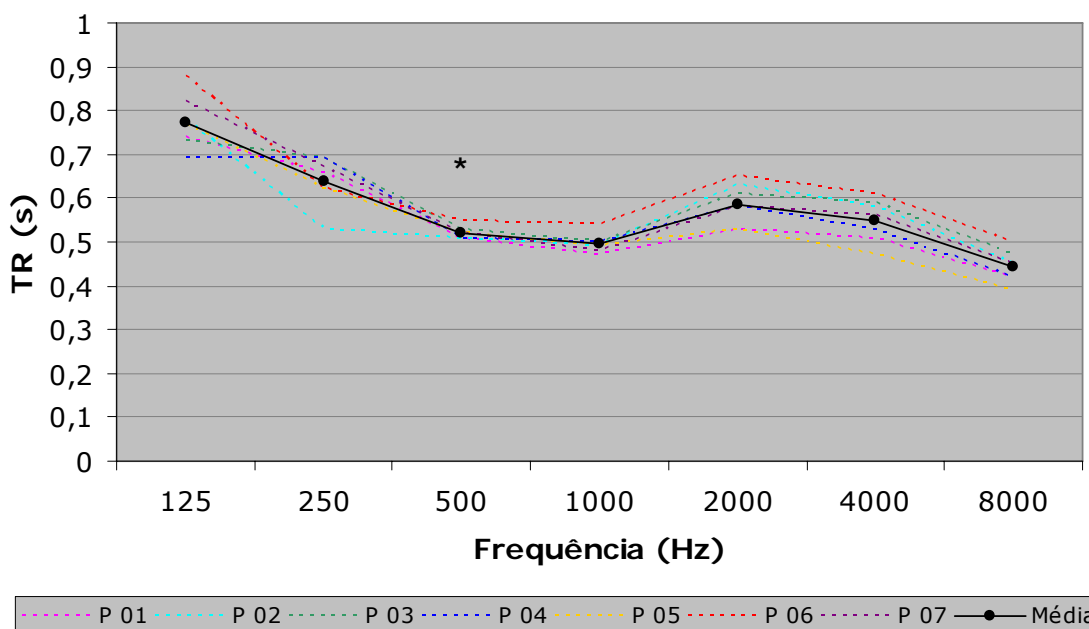


Figura 8-120. Tempo de reverberação do Anfiteatro Dom Bosco

(*) Tempo ótimo de Reverberação (Tot), em segundos, para a frequência de 500 Hz, segundo o gráfico proposto por Mehta, Johnson & Rocafort (1999).

O tempo de reverberação encontrado nas medidas no anfiteatro Dom Bosco está um pouco abaixo do tempo ótimo proposto por Mehta, Johnson & Rocafort (1999). A presença de muito material absorvido nas paredes, piso, cadeiras e forro, contribui para o tempo de reverberação encontrado.

e) Tempo de decaimento inicial – EDT (s) “Early Decay Time”

O tempo de decaimento inicial foi calculado para todas as posições avaliadas e os valores são apresentados nas tabelas 8-106 e 8-107 e nos gráficos das figuras 8-121 e 8-122.

Fonte localizada na parte central do palco, conforme figura 8-116.

Tabela 8-106. EDT (s) nos 7 pontos analisados – Anfiteatro Dom Bosco

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | P 07 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 0,72 | 0,86 | 0,74 | 0,70 | 0,83 | 0,58 | 0,72 | 0,74 | 0,08 |
| 250 | 0,49 | 0,81 | 0,56 | 0,55 | 0,53 | 0,62 | 0,82 | 0,63 | 0,12 |
| 500 | 0,46 | 0,51 | 0,54 | 0,57 | 0,55 | 0,48 | 0,53 | 0,52 | 0,04 |
| 1000 | 0,32 | 0,43 | 0,47 | 0,40 | 0,44 | 0,56 | 0,55 | 0,45 | 0,08 |
| 2000 | 0,28 | 0,42 | 0,60 | 0,30 | 0,42 | 0,51 | 0,52 | 0,44 | 0,11 |
| 4000 | 0,22 | 0,36 | 0,52 | 0,27 | 0,35 | 0,58 | 0,46 | 0,39 | 0,12 |
| 8000 | 0,22 | 0,29 | 0,50 | 0,24 | 0,30 | 0,28 | 0,35 | 0,31 | 0,09 |

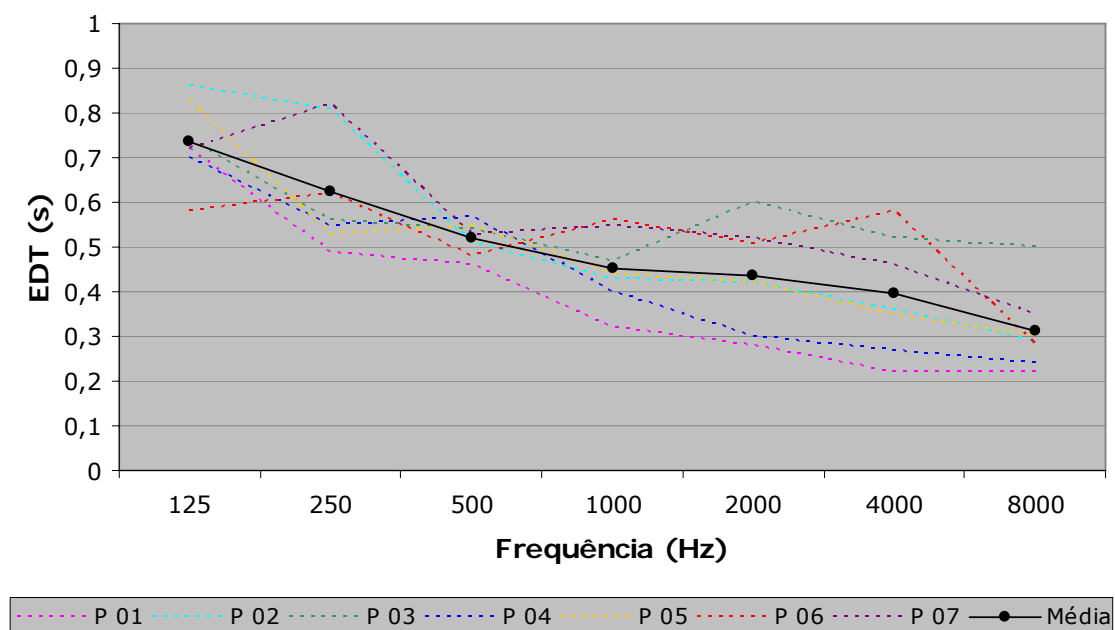


Figura 8-121. EDT do Anfiteatro Dom Bosco

Fonte localizada na parte lateral frontal da sala, conforme figura 8-116.

| Tabela 8-107. EDT (s) nos 7 pontos analisados – Anfiteatro Dom Bosco | | | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | P 07 | Médias | Desvio padrão |
| 125 | 0,81 | 0,58 | 0,62 | 0,84 | 0,68 | 0,67 | 0,33 | 0,65 | 0,16 |
| 250 | 0,55 | 0,54 | 0,61 | 0,46 | 0,31 | 0,90 | 0,55 | 0,56 | 0,17 |
| 500 | 0,37 | 0,43 | 0,53 | 0,50 | 0,55 | 0,65 | 0,51 | 0,51 | 0,08 |
| 1000 | 0,45 | 0,38 | 0,62 | 0,41 | 0,38 | 0,70 | 0,45 | 0,48 | 0,12 |
| 2000 | 0,41 | 0,26 | 0,51 | 0,53 | 0,35 | 0,53 | 0,37 | 0,42 | 0,10 |
| 4000 | 0,32 | 0,36 | 0,44 | 0,43 | 0,31 | 0,31 | 0,36 | 0,36 | 0,05 |
| 8000 | 0,21 | 0,35 | 0,36 | 0,27 | 0,15 | 0,33 | 0,29 | 0,28 | 0,07 |

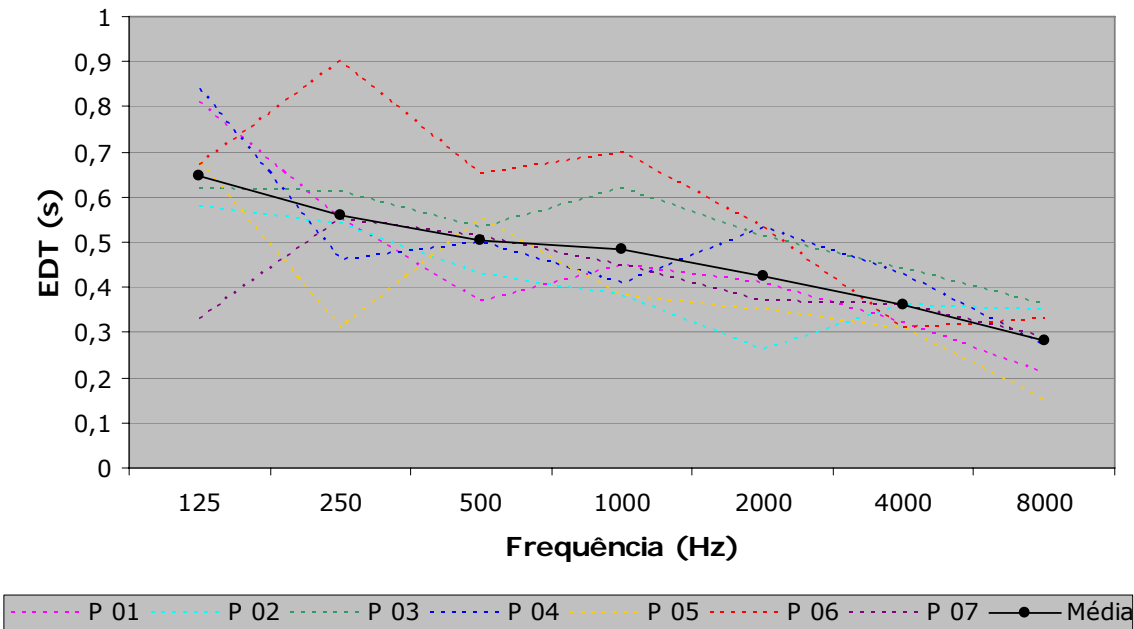


Figura 8-122. EDT do Anfiteatro Dom Bosco

Os menores valores de EDT são para a fonte localizada na parte lateral do palco (fonte'). Isso acontece pela proximidade da fonte com superfícies absorvas, diminuindo a quantidade de energia sonora que chega aos ouvintes.

A proximidade da posição P06 com materiais reflexivos, porta de emergência, que apesar de existir uma cortina de veludo não foi usada durante a medição e a porta do depósito de madeira, faz com que os valores de EDT sejam ligeiramente superiores às outras posições em algumas frequências. Apesar disso, os valores estão adequados, segundo Granado (2002).

f) Tempo central – Ts (ms)

As medições de Ts foram realizadas em todas as posições avaliadas e identificadas na figura 8-116. Os resultados são apresentados nas tabelas 8-108 e 8-109 e nas figuras 8-123 e 8-124.

Fonte localizada na parte central do palco, conforme figura 8-116.

Tabela 8-108. Tempo Central (ms) nos 7 pontos analisados – Anfiteatro Dom Bosco

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | P 07 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 51,9 | 81,9 | 62,1 | 46,5 | 51,1 | 63,2 | 47,9 | 57,80 | 11,55 |
| 250 | 31,2 | 57,4 | 49,5 | 34,8 | 32,2 | 55,4 | 40,8 | 43,04 | 10,22 |
| 500 | 24,1 | 25,4 | 33,4 | 26,1 | 30,3 | 25,9 | 32,1 | 28,19 | 3,40 |
| 1000 | 20,4 | 27,0 | 25,8 | 19,6 | 18,6 | 25,6 | 26,1 | 23,30 | 3,32 |
| 2000 | 18,9 | 25,3 | 31,9 | 12,5 | 14,2 | 20,7 | 25,3 | 21,26 | 6,31 |
| 4000 | 17,4 | 23,0 | 26,2 | 11,5 | 12,3 | 18,5 | 18,2 | 18,16 | 4,89 |

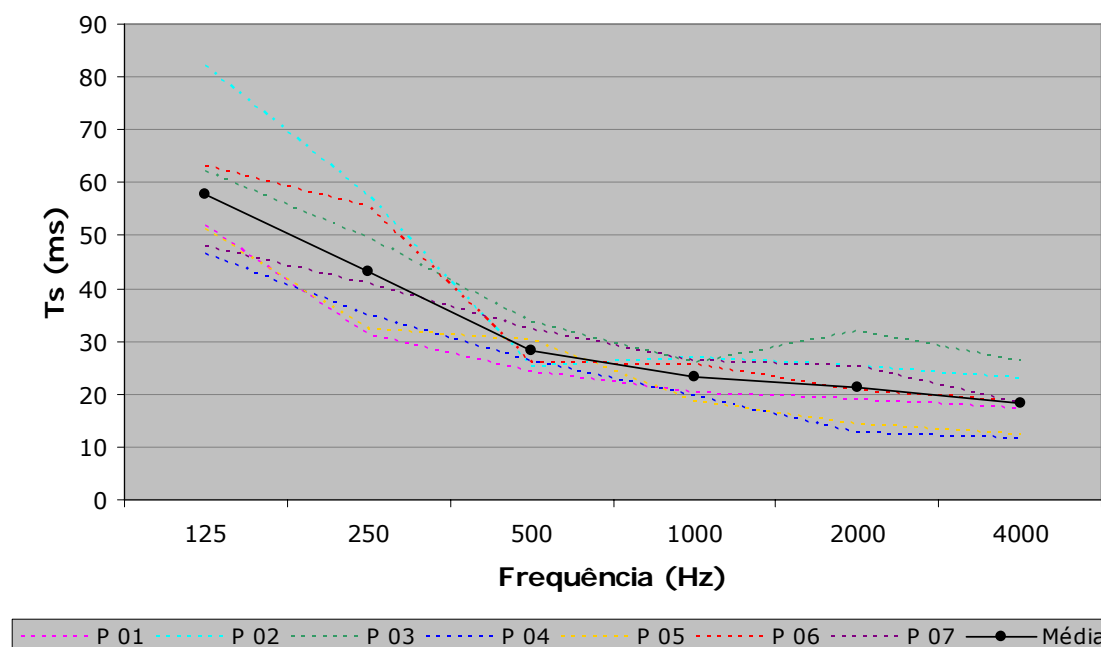


Figura 8-123. Tempo Central do anfiteatro Dom Bosco

Fonte localizada na parte lateral frontal da sala, conforme figura 8-116.

| Tabela 8-109. Tempo Central (ms) nos 7 pontos analisados – Anfiteatro Dom Bosco | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | P 07 | Médias | Desvio padrão |
| 125 | 47,0 | 67,4 | 59,7 | 65,5 | 51,9 | 57,8 | 42,4 | 55,96 | 8,62 |
| 250 | 47,9 | 40,2 | 52,2 | 40,0 | 28,4 | 55,8 | 43,7 | 44,03 | 8,41 |
| 500 | 30,8 | 33,3 | 34,2 | 30,2 | 32,8 | 35,6 | 30,1 | 32,43 | 1,97 |
| 1000 | 26,4 | 27,8 | 23,1 | 24,0 | 20,2 | 26,3 | 21,7 | 24,21 | 2,56 |
| 2000 | 19,0 | 26,8 | 22,9 | 28,3 | 21,3 | 25,5 | 28,4 | 24,60 | 3,36 |
| 4000 | 14,3 | 27,8 | 20,5 | 24,8 | 17,1 | 17,4 | 20,9 | 20,40 | 4,33 |

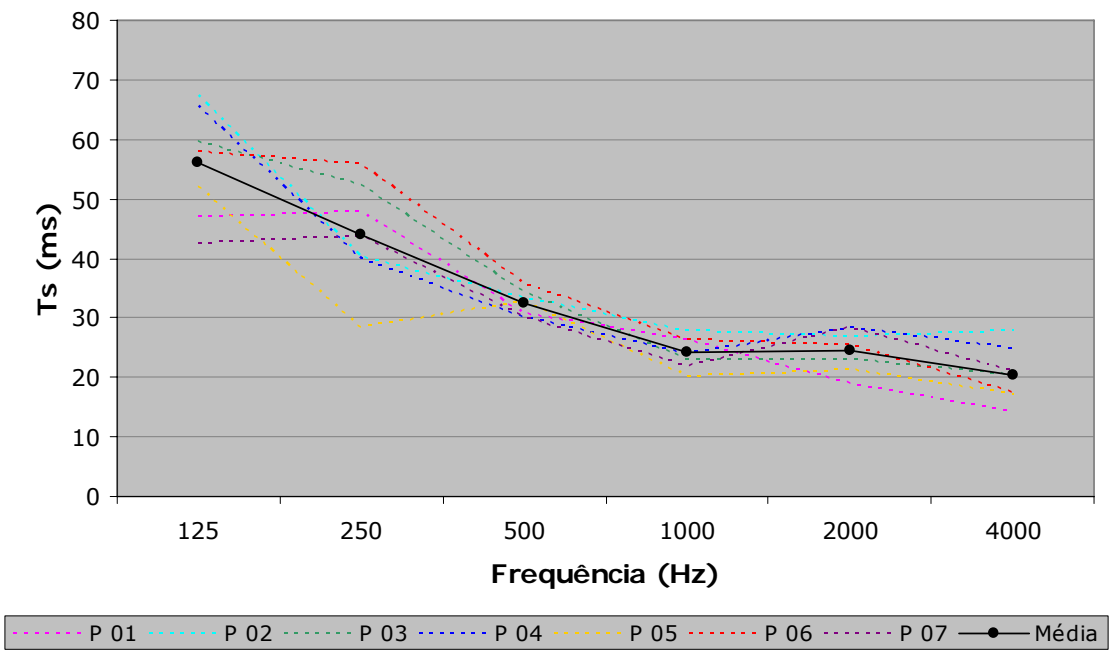


Figura 8-124. Tempo central do Anfiteatro Dom Bosco

Segundo Ribeiro (2002), os valores de Ts devem ser inferiores a 80 ms para salas de conferências. Apesar desta pesquisa ser direcionada a salas para apresentações teatrais, o uso da palavra falada é levado em conta nos dois casos. Sendo assim, a sala está de acordo com o valor ideal.

Os baixos valores de Ts nas altas frequências já eram esperados pela análise anterior do tempo de reverberação (TR) e do tempo de decaimento inicial (EDT), já que Ts está relacionado com a duração da resposta impulsiva.

g) Clareza – C_{80} (dB)

Clareza é um parâmetro acústico que está relacionado com avaliações em salas destinadas a apresentações musicais. Apesar disto, a medição foi realizada para todas as posições avaliadas e os resultados são apresentados nas tabelas 8-110 e 8-111 e nas figuras 8-125 e 8-126.

Fonte localizada na parte central do palco, conforme figura 8-116.

Tabela 8-110. Clareza (dB) nos 7 pontos analisados – Anfiteatro Dom Bosco

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | P 07 | Médias | Desvio padrão |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|---------------|
| 125 | 5,25 | 3,52 | 4,93 | 7,53 | 6,36 | 5,98 | 6,84 | 5,77 | 1,23 |
| 250 | 10,45 | 5,78 | 7,24 | 9,57 | 9,44 | 6,07 | 6,47 | 7,86 | 1,77 |
| 500 | 13,54 | 11,42 | 9,45 | 10,14 | 10,49 | 11,75 | 9,68 | 10,92 | 1,33 |
| 1000 | 14,03 | 11,26 | 10,44 | 13,32 | 14,00 | 9,82 | 12,33 | 12,17 | 1,58 |
| 2000 | 16,12 | 11,27 | 8,82 | 14,63 | 15,23 | 10,32 | 11,54 | 12,56 | 2,56 |
| 4000 | 16,05 | 12,56 | 10,17 | 15,63 | 17,02 | 10,13 | 13,48 | 13,58 | 2,58 |

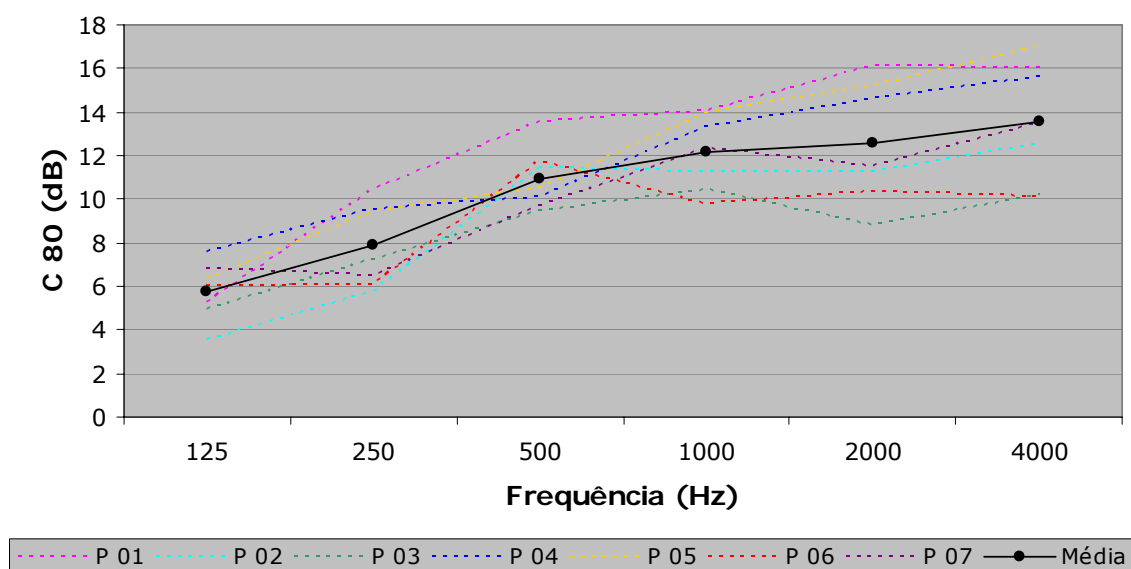


Figura 8-125. Clareza do Anfiteatro Dom Bosco

Fonte localizada na parte lateral frontal da sala, conforme figura 8-116.

Tabela 8-111. Clareza (dB) nos 7 pontos analisados – Anfiteatro Dom Bosco

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | P 07 | Médias | Desvio padrão |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|---------------|
| 125 | 7,35 | 6,61 | 5,90 | 5,45 | 5,73 | 7,21 | 11,97 | 7,17 | 2,07 |
| 250 | 7,97 | 9,69 | 6,24 | 11,42 | 11,37 | 4,22 | 11,22 | 8,88 | 2,63 |
| 500 | 11,86 | 10,26 | 11,61 | 10,70 | 9,83 | 7,40 | 9,65 | 10,19 | 1,38 |
| 1000 | 11,64 | 10,78 | 9,82 | 13,17 | 12,94 | 8,73 | 12,85 | 11,42 | 1,59 |
| 2000 | 14,82 | 12,38 | 11,16 | 12,29 | 12,59 | 9,77 | 11,46 | 12,07 | 1,44 |
| 4000 | 15,65 | 10,50 | 12,55 | 13,21 | 14,91 | 12,70 | 12,75 | 13,18 | 1,56 |

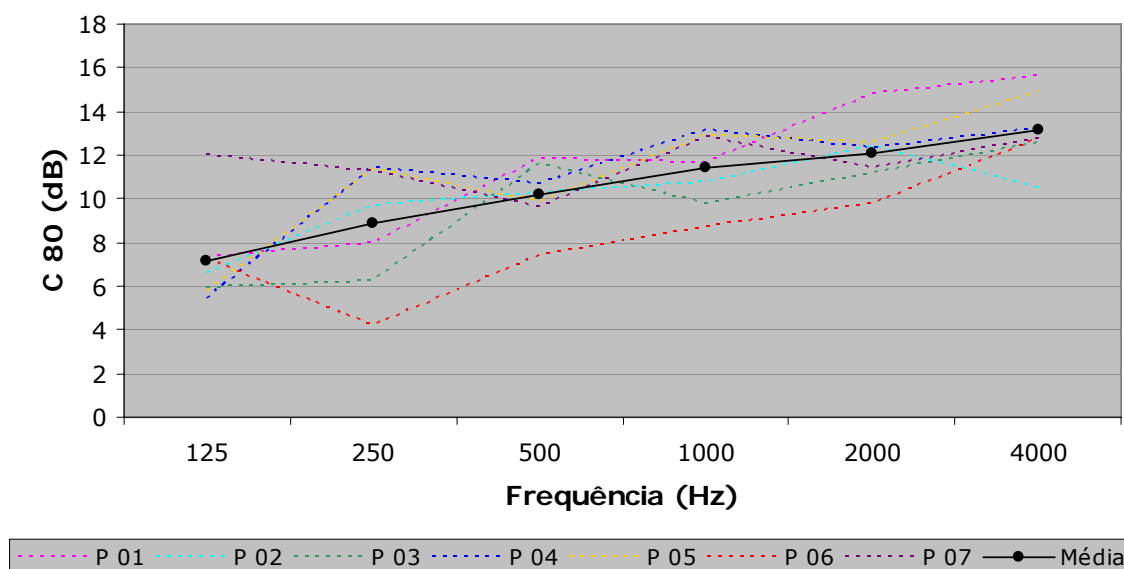


Figura 8-126. Clareza do Anfiteatro Dom Bosco

Embora esta sala tenha como uso principal atividades com uso da palavra falada, observa-se que se a sala for utilizada para música, existe um melhor rendimento nas altas frequências. Para pequenos auditórios, segundo Gomes, Ribeiro e Aquino (2004), o valor de C_{80} deve ser superior a 6 dB, indicando assim que a sala está de acordo com o valor ideal apresentado.

h) Definição – D_{50}

D_{50} indica as reflexões que atingem o ouvinte em até 50 ms após a chegada do som direto e com isso contribuem com a audibilidade do som e de extrema importância em avaliações de salas usadas para palavra falada.

As medições foram realizadas para as duas posições de fonte sonora e para sete posições de ouvintes, conforme indicado na figura 8-116. Os resultados são apresentados nas tabelas 8-112 e 8-113 e nas figuras 8-127 e 8-128.

Fonte localizada na parte central do palco, conforme figura 8-116.

Tabela 8-112. Definição nos 7 pontos analisados – Anfiteatro Dom Bosco

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | P 07 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 0,70 | 0,33 | 0,64 | 0,77 | 0,73 | 0,59 | 0,74 | 0,64 | 0,14 |
| 250 | 0,82 | 0,55 | 0,68 | 0,79 | 0,86 | 0,59 | 0,71 | 0,71 | 0,11 |
| 500 | 0,86 | 0,84 | 0,74 | 0,82 | 0,77 | 0,86 | 0,79 | 0,81 | 0,04 |
| 1000 | 0,90 | 0,83 | 0,83 | 0,89 | 0,88 | 0,82 | 0,81 | 0,85 | 0,03 |
| 2000 | 0,93 | 0,84 | 0,80 | 0,93 | 0,90 | 0,87 | 0,81 | 0,87 | 0,05 |
| 4000 | 0,94 | 0,86 | 0,83 | 0,94 | 0,94 | 0,87 | 0,88 | 0,89 | 0,04 |

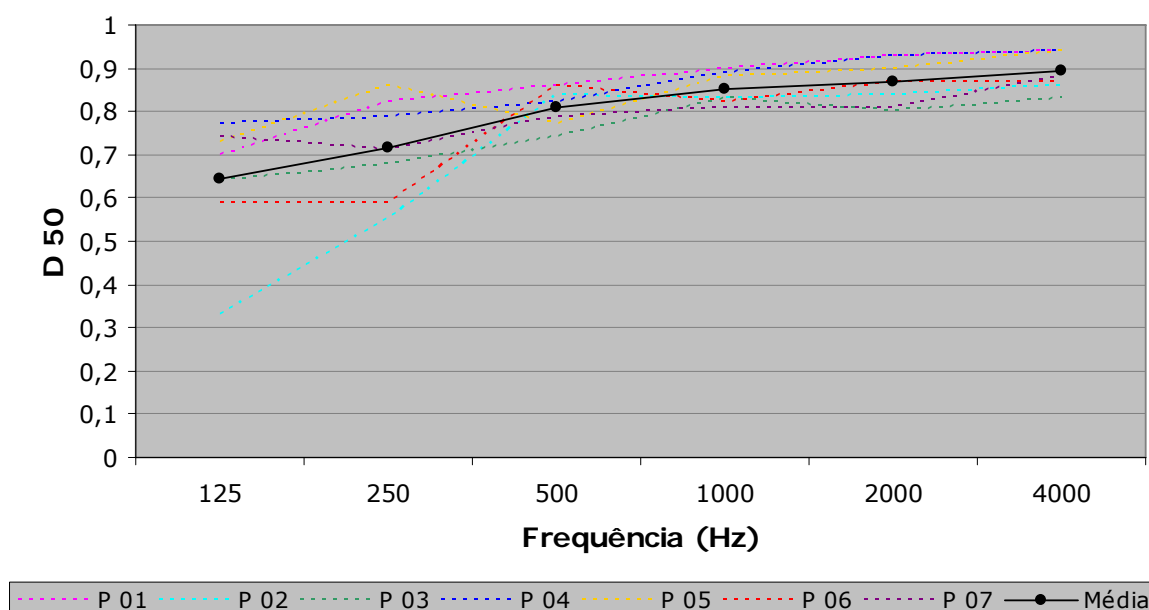


Figura 8-127. Definição do Anfiteatro Dom Bosco

Fonte localizada na parte lateral frontal da sala, conforme figura 8-116.

Tabela 8-113. Definição nos 7 pontos analisados – Anfiteatro Dom Bosco

| Freq. (Hz) | P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | P 07 | Médias | Desvio padrão |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|--------|---------------|
| 125 | 0,73 | 0,52 | 0,60 | 0,58 | 0,68 | 0,78 | 0,82 | 0,67 | 0,10 |
| 250 | 0,64 | 0,70 | 0,59 | 0,79 | 0,88 | 0,64 | 0,63 | 0,70 | 0,10 |
| 500 | 0,84 | 0,79 | 0,76 | 0,79 | 0,73 | 0,77 | 0,82 | 0,79 | 0,03 |
| 1000 | 0,81 | 0,84 | 0,84 | 0,86 | 0,89 | 0,82 | 0,87 | 0,85 | 0,03 |
| 2000 | 0,88 | 0,90 | 0,86 | 0,79 | 0,89 | 0,86 | 0,87 | 0,86 | 0,03 |
| 4000 | 0,92 | 0,86 | 0,89 | 0,84 | 0,92 | 0,91 | 0,89 | 0,89 | 0,03 |

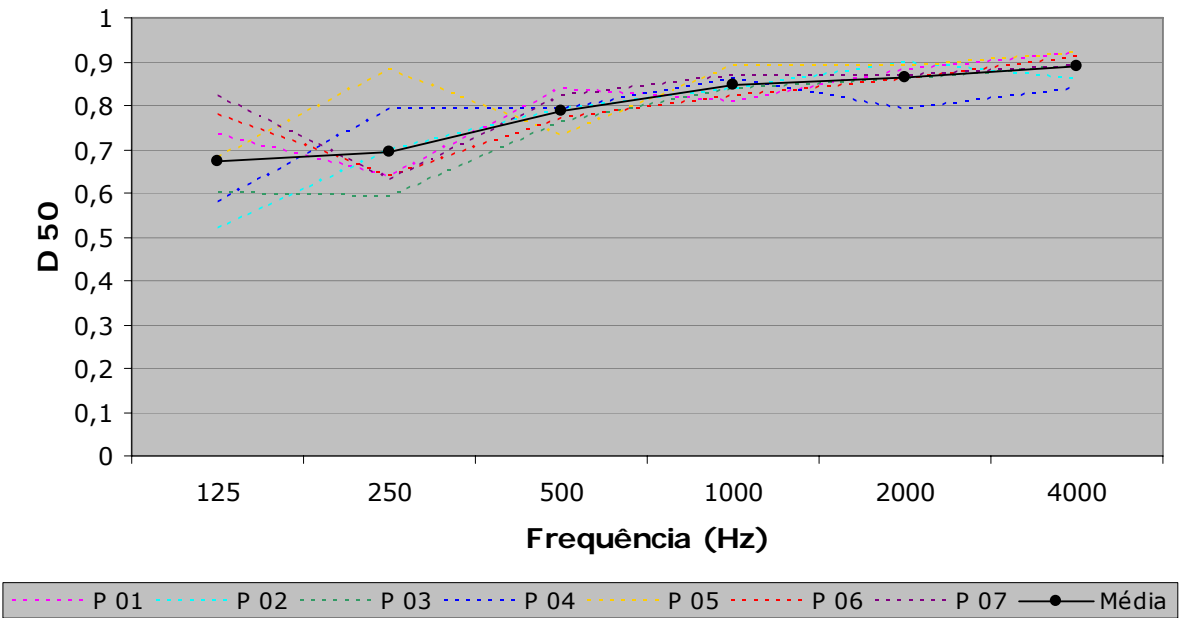


Figura 8-128. Definição do Anfiteatro Dom Bosco

A análise dos gráficos, juntamente com a planta contendo a localização dos pontos de medição, indica que D_{50} está correlacionado com a distância e posicionamento fonte-ouvinte.

A sala apresenta melhores valores nas altas frequências, porém as médias das posições nas duas situações de fonte sonora estão de acordo com os valores, superiores a 0,65, apresentados por Ribeiro (2002).

i) Índice de transmissão da fala – STI “Speech Transmission Index”

A média do índice de transmissão da fala do Anfiteatro Dom Bosco é 0,43 e este valor classifica a sala quanto a este parâmetro como ruim. Um dos fatores que contribuem para a diminuição da inteligibilidade é a grande quantidade de materiais absorventes existentes na sala. Para uma sala ser considerada razoável o valor de STI deveria ser superior a 0,45 e para ser considerada boa deveria ser superior a 0,60. A análise foi realizada para a fonte sonora localizada na parte central do palco e os resultados são apresentados na tabela 8-114.

Tabela 8-114. STI nos 7 pontos analisados – Anfiteatro Dom Bosco

| P 01 | P 02 | P 03 | P 04 | P 05 | P 06 | P 07 | Média | Desvio padrão |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|----------------------|
| 0,56 | 0,39 | 0,33 | 0,47 | 0,49 | 0,35 | 0,40 | 0,43 | 0,07 |

9 Discussão dos resultados

Este capítulo se destina a discussão dos resultados da avaliação, relativos ao nível de pressão sonora (NPS), curvas de avaliação de ruído (NC), nível de interferência na fala (SIL), tempo de reverberação (TR), tempo de decaimento inicial (EDT), tempo central (Ts), clareza (C_{80}) e definição (D_{50}), obtidos nas medições acústicas das oito salas escolhidas, analisadas e apresentadas no capítulo oito desta dissertação, com a fonte sonora localizada na parte central do palco.

9.1 Parâmetros acústicos

a) Nível de Pressão Sonora

Os resultados do nível de pressão sonora (NPS) em função da frequência, obtidos nas medições das oito salas analisadas, são apresentados na tabela 9-1.

Tabela 9-1. Ruído de fundo (dB)

| Freq.(Hz) | In Touch | Sotac | Sesc | Evolução | Tim | S.Santa | C.Ingl. | D.Bosco |
|-----------|----------|-------|------|----------|------|---------|---------|---------|
| 125 | 15,7 | 17,9 | 18,1 | 45,7 | 17,9 | 20,3 | 24,1 | 31,4 |
| 250 | 20,4 | 19,9 | 16,2 | 38,2 | 21,5 | 18,1 | 23,3 | 27,0 |
| 500 | 19,5 | 22,0 | 15,7 | 31,0 | 24,2 | 19,1 | 20,0 | 23,6 |
| 1000 | 19,3 | 19,9 | 16,2 | 27,1 | 23,9 | 19,4 | 14,9 | 16,0 |
| 2000 | 19,4 | 15,9 | 14,2 | 22,1 | 20,5 | 16,0 | 13,1 | 10,8 |
| 4000 | 15,6 | 14,3 | 11,8 | 17,2 | 15,0 | 12,9 | 11,3 | 10,3 |
| 8000 | 11,5 | 11,8 | 10,2 | 14,0 | 11,8 | 11,1 | 11,1 | 13,8 |

Na figura 9-1, além dos valores de nível de pressão sonora em função da frequência de todas as salas, são indicados os valores recomendados pela norma brasileira NBR 10152 (1987).

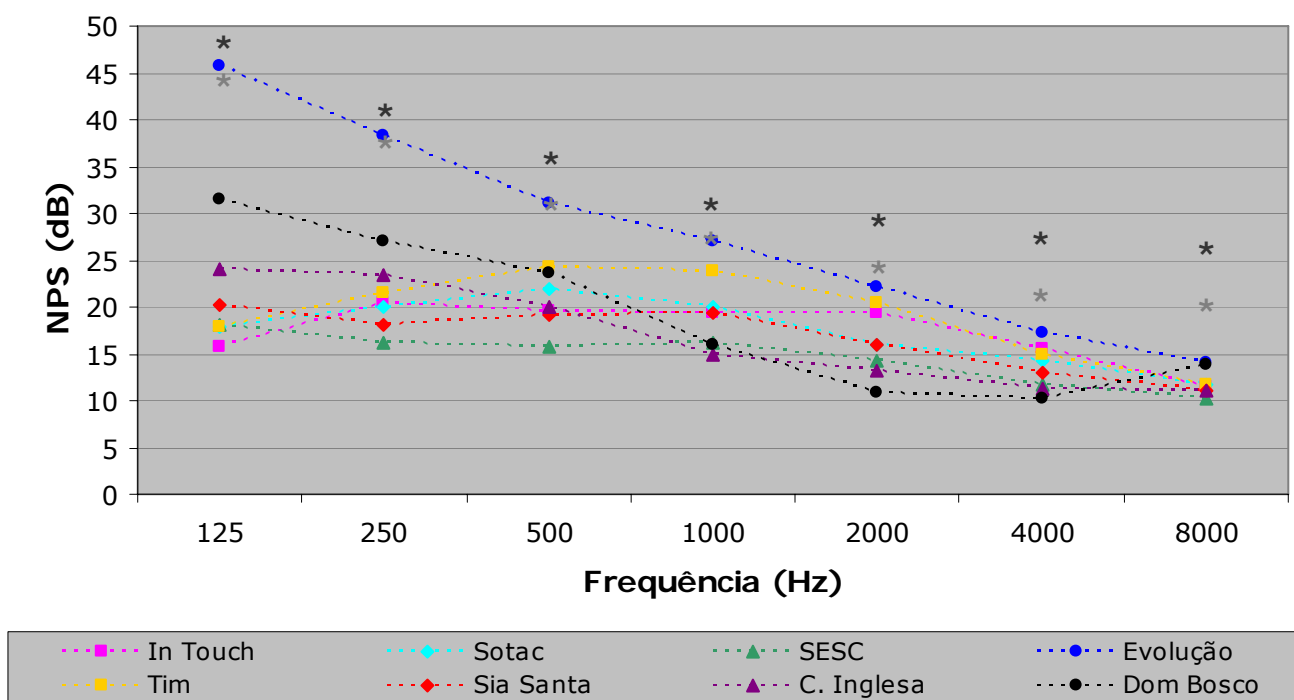


Figura 9-1. Espectro Sonoro

Os asteriscos (*) representam respectivamente, os valores inferiores e superiores, ao nível sonoro para o conforto de teatros (NC 25) e o nível sonoro aceitável para a finalidade (NC 30), segundo a NBR 10152 (1987).

Em todas as salas, os maiores níveis sonoros estão nas baixas frequências. Um resultado esperado, já que controlar as altas frequências é mais fácil do que as baixas frequências. Isso demonstra também um bom isolamento em relação ao ruído externo às edificações.

O teatro SESC, Sia Santa, Sotac, In Touch, e teatro Tim, têm níveis mais homogêneos em relação às frequências. O teatro Evolução, anfiteatro Dom Bosco e sala Cultura Inglesa possuem níveis elevados na frequência de 125 Hz, mas o desempenho melhora à medida que aumenta a frequência.

A norma Brasileira NBR 10152 (1987) cita dois parâmetro para a avaliação do conforto acústico em ambientes diversos, o nível de pressão sonora ponderado na curva A (dB(A)) e as curvas de NC.

A tabela 9-2 indica os valores dos níveis sonoros globais em dB(A) característicos do espectro sonoro medido nas oito salas analisadas. A figura 9-2 apresenta os resultados em forma de gráfico para melhor visualização, onde a parte selecionada em vermelho representa o intervalo de valores máximos recomendado.

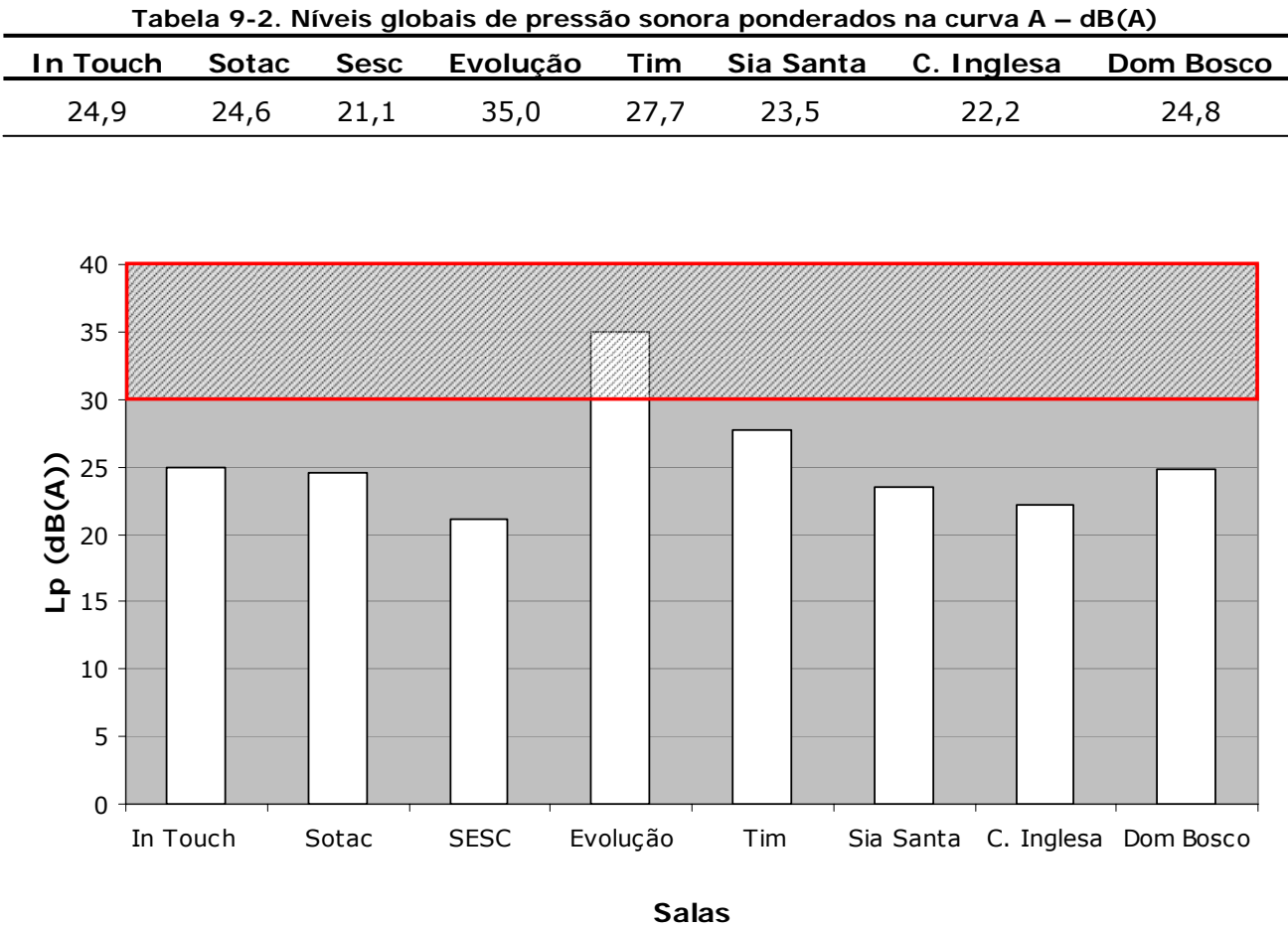


Figura 9-2. Nível de Pressão Sonora Global em dB(A)

Todas as salas têm níveis dentro do recomendado para o conforto acústico de teatros. Os baixos valores encontrados são adequados e bons, já que as medições foram realizadas com as salas vazias e com o ar condicionado desligado.

b) NC

A partir dos níveis de pressão sonora em função da frequência de cada sala estudada, obteve-se a classificação NC das salas. A tabela 9-3 expõe os resultados e a figura 9-2 os apresenta em forma de gráfico para melhor visualização. A parte selecionada em vermelho representa o intervalo entre 25 a 30 de valores máximos recomendado pela norma NBR 10152 (1987).

Tabela 9-3. Avaliação de ruído (NC)

| In Touch | Sotac | Sesc | Evolução | Tim | Sia Santa | C. Inglesa | Dom Bosco |
|----------|-------|------|----------|-----|-----------|------------|-----------|
| 25 | 20 | 20 | 30 | 25 | 20 | 20 | 20 |

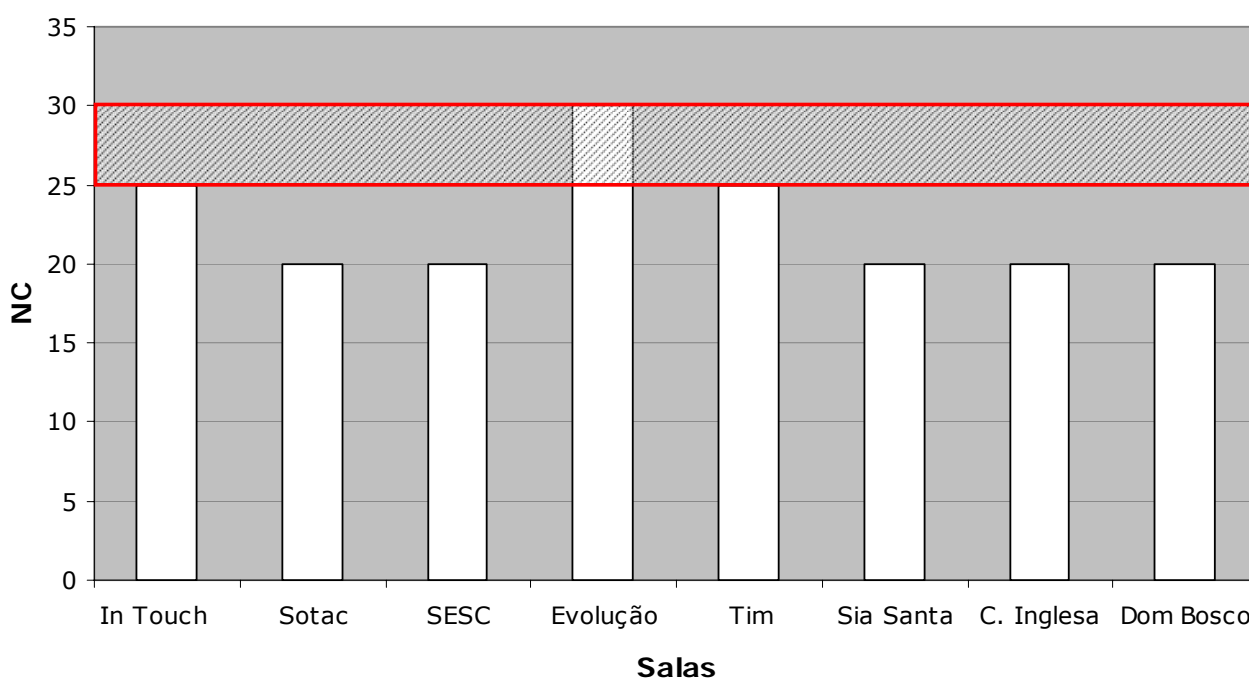


Figura 9-3. NC

Todas as salas possuem resultados compatíveis com o recomendado pela norma NBR 10152 (1987). Valores de NC superiores a 30 indicam maiores interferências. Esta análise indica que o isolamento acústico das salas está adequado.

c) SIL

Através dos espectros sonoros do ruído de fundo das oito salas avaliadas, obteve-se os valores de SIL. A tabela 9-4 e a figura 9-4 exibem estes valores.

Tabela 9-4. Níveis de Interferência na fala - SIL

| In Touch | Sotac | Sesc | Evolução | Tim | Sia Santa | C. Inglesa | Dom Bosco |
|-----------------|--------------|-------------|-----------------|------------|------------------|-------------------|------------------|
| 18,4 | 18,1 | 14,5 | 24,3 | 20,9 | 16,9 | 14,8 | 15,2 |

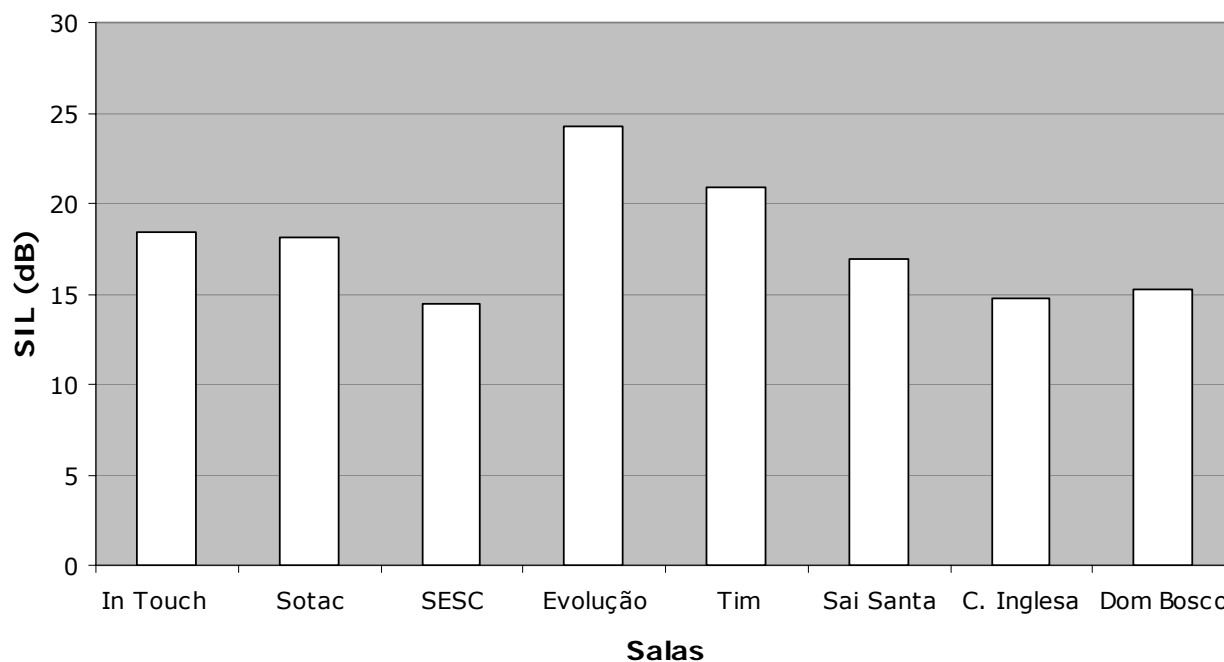


Figura 9-4. SIL (dB)

O valor de SIL deve ser analisado juntamente com a distância orador-ouvinte para identificar o nível de tom de voz necessário para um bom entendimento da palavra falada.

Como as salas analisadas são relativamente pequenas e os níveis encontrados são baixos, a análise da relação entre a fonte e o ouvinte demonstrou que um locutor pode falar num tom de voz normal que ele será ouvido com clareza no ponto mais distante de todas as salas. Essa relação pode ser visualizada na figura 9-5.

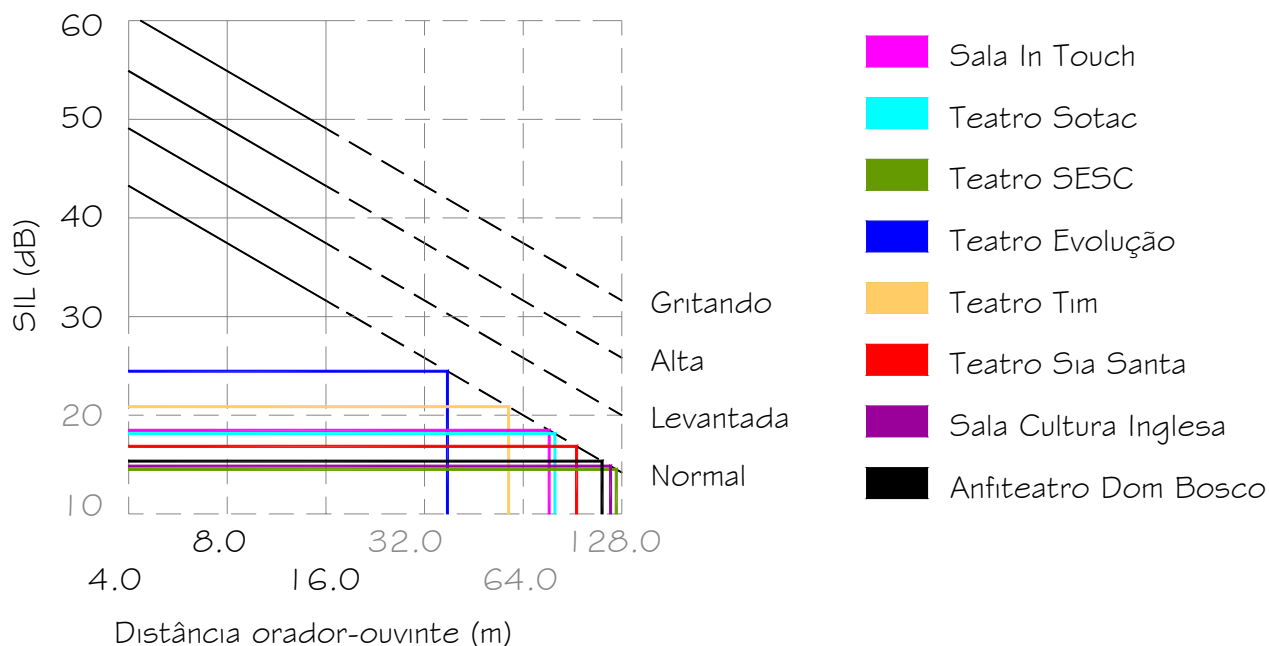


Figura 9-5. SIL X Distância orador-ouvinte

[Fonte: adaptada de MEHTA, JOHNSON e ROCAFORT (1999)]

d) Tempo de Reverberação

As médias dos tempos de reverberação (TR) em função da frequência das salas estudadas são apresentadas na tabela 9-1 e para uma melhor visualização dos resultados, os valores foram transpostos para o gráfico da figura 9-1.

Tabela 9-5. Tempo de Reverberação – TR (s)

| Freq.(Hz) | In Touch | Sotac | Sesc | Evolução | Tim | S.Santa | C.Ingl. | D.Bosco |
|-----------|----------|-------|------|----------|------|---------|---------|---------|
| 125 | 0,93 | 0,99 | 0,81 | 0,57 | 0,97 | 1,40 | 0,73 | 0,70 |
| 250 | 0,93 | 0,95 | 0,59 | 0,56 | 0,97 | 1,04 | 0,76 | 0,60 |
| 500 | 0,90 | 0,77 | 0,52 | 0,70 | 0,94 | 1,02 | 0,71 | 0,51 |
| 1000 | 0,97 | 0,58 | 0,52 | 0,83 | 0,93 | 1,08 | 0,60 | 0,50 |
| 2000 | 0,96 | 0,53 | 0,58 | 0,90 | 0,90 | 1,05 | 0,62 | 0,55 |
| 4000 | 0,88 | 0,50 | 0,53 | 0,84 | 0,83 | 1,12 | 0,60 | 0,51 |
| 8000 | 0,70 | 0,43 | 0,47 | 0,67 | 0,68 | 0,78 | 0,52 | 0,41 |

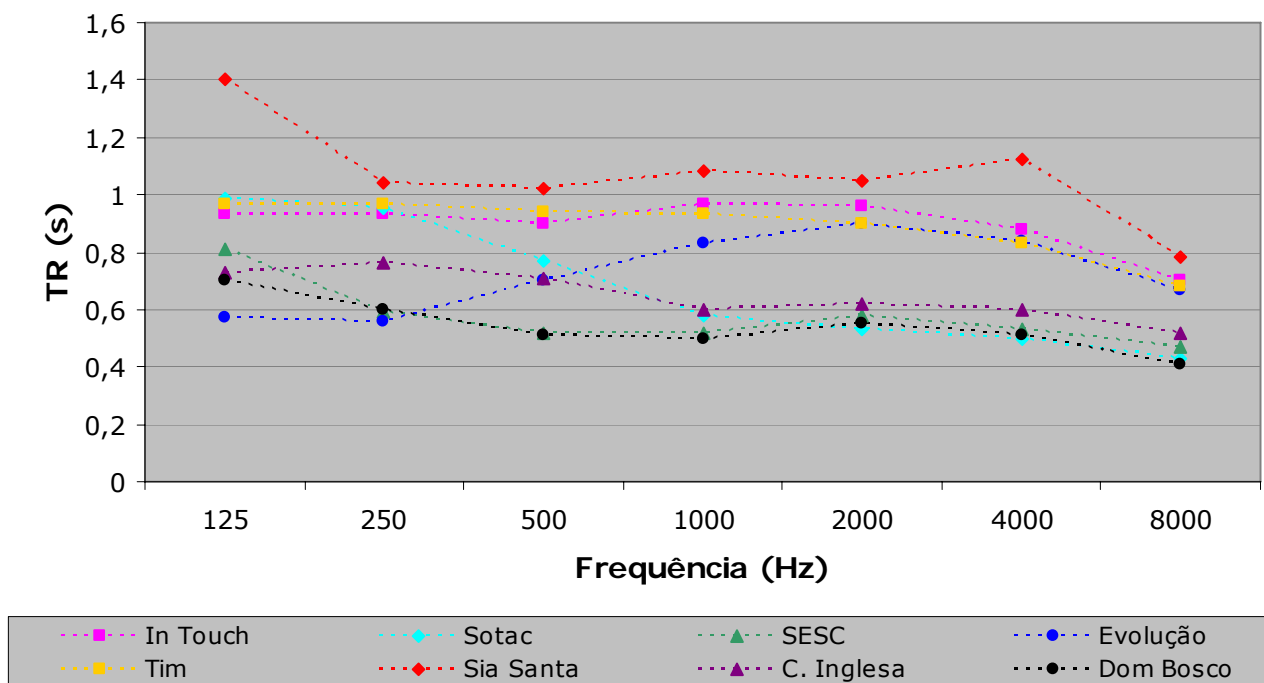


Figura 9-6. Tempo de Reverberação

Os valores altos nas baixas frequências são comuns e aceitáveis em tempos de reverberação de salas. A linearidade encontrada nas medições da maioria das salas, principalmente entre 250 a 4000Hz, é um fator positivo para as salas, pois demonstra que não há distorções da palavra falada e que as salas garantem a correta transmissão dos sons.

Algumas salas, como o teatro Sia Santa, apresentam altos valores de TR prejudicando a inteligibilidade da palavra falada.

e) Tempo de decaimento inicial – EDT (s)

As médias dos tempos de decaimento inicial (EDT) em função da frequência das oito salas estudadas são apresentadas na tabela 9-6. Para uma melhor visualização dos resultados, os valores foram transpostos para o gráfico da figura 9-7.

Tabela 9-6. Tempo de decaimento inicial – EDT (s)

| Freq.(Hz) | In Touch | Sotac | Sesc | Evolução | Tim | S.Santa | C.Ingl. | D.Bosco |
|-----------|----------|-------|------|----------|------|---------|---------|---------|
| 125 | 1,01 | 0,83 | 0,73 | 0,50 | 0,79 | 1,08 | 0,73 | 0,74 |
| 250 | 0,82 | 0,95 | 0,57 | 0,58 | 0,81 | 0,95 | 0,83 | 0,63 |
| 500 | 0,81 | 0,80 | 0,53 | 0,68 | 0,70 | 0,87 | 0,67 | 0,52 |
| 1000 | 0,89 | 0,60 | 0,48 | 0,78 | 0,77 | 0,93 | 0,56 | 0,45 |
| 2000 | 0,88 | 0,56 | 0,49 | 0,81 | 0,72 | 0,95 | 0,53 | 0,44 |
| 4000 | 0,86 | 0,50 | 0,47 | 0,80 | 0,68 | 0,85 | 0,49 | 0,39 |
| 8000 | 0,65 | 0,42 | 0,40 | 0,67 | 0,57 | 0,74 | 0,44 | 0,31 |

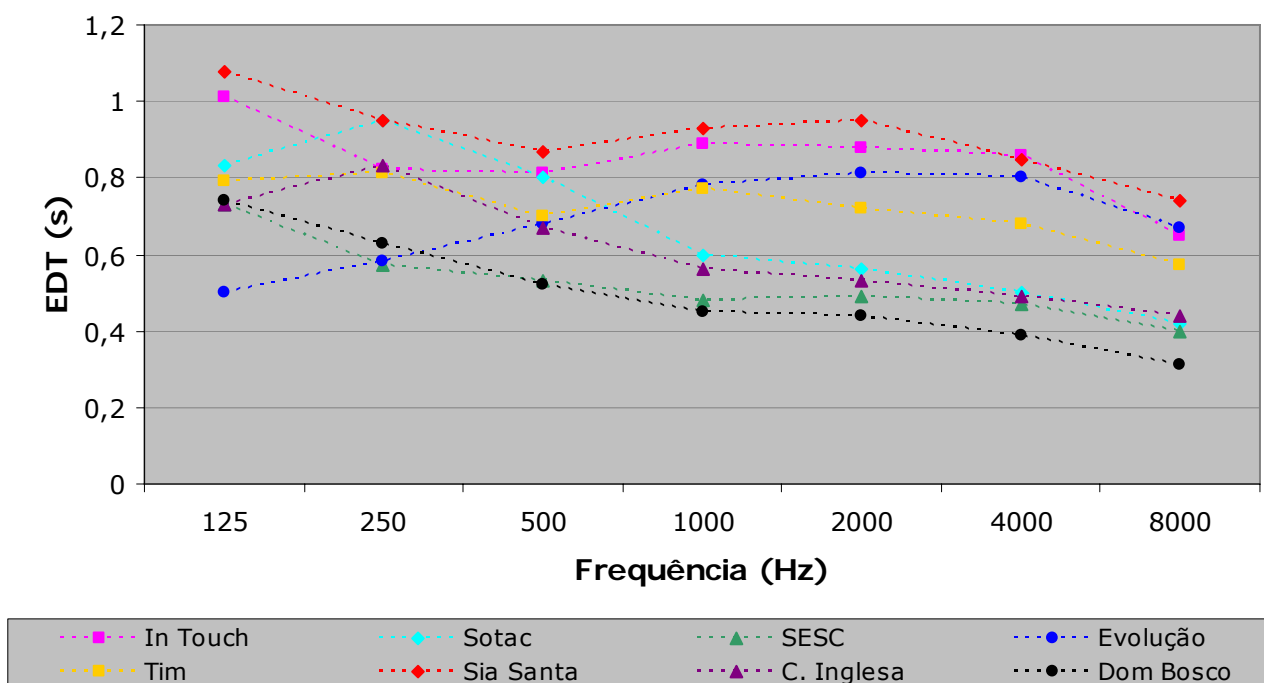


Figura 9-7. Tempo de decaimento inicial

O comportamento entre o tempo de reverberação (TR) e o tempo de decaimento inicial (EDT) é semelhante, porém os valores de EDT são, no geral, inferiores. Isto indica um bom desempenho quanto à inteligibilidade da palavra falada, pois as salas são relativamente pequenas e a chegada do som direto e das reflexões úteis são eficientes, reduzindo assim, a energia detrimental.

Os resultados indicam que todas as salas apresentam resultados dentro do ideal apresentado por Granado (2002). A média dos valores em 500, 1000 e 2000 Hz deve ser inferior a 1 s.

f) Tempo central – Ts (ms)

Os valores médios dos tempos centrais (Ts) em função da frequência das oito salas estudadas são apresentados na tabela 9-7 e no gráfico da figura 9-8. A linha horizontal vermelha no gráfico representa o valor máximo ideal de 80 ms, apresentado por Ribeiro (2002).

Tabela 9-7. Tempo central – Ts (ms)

| Freq.(Hz) | In Touch | Sotac | Sesc | Evolução | Tim | S.Santa | C.Ingl. | D.Bosco |
|-----------|----------|-------|------|----------|------|---------|---------|---------|
| 125 | 80,6 | 73,5 | 57,6 | 51,6 | 64,8 | 83,3 | 69,8 | 57,8 |
| 250 | 71,5 | 71,5 | 39,9 | 45,2 | 49,9 | 68,1 | 66,9 | 43,0 |
| 500 | 59,7 | 57,9 | 33,6 | 46,2 | 46,4 | 57,3 | 45,6 | 28,2 |
| 1000 | 65,0 | 42,5 | 31,7 | 56,0 | 47,3 | 60,4 | 36,6 | 23,3 |
| 2000 | 70,5 | 37,7 | 35,0 | 59,7 | 47,9 | 55,7 | 35,3 | 21,3 |
| 4000 | 61,9 | 33,9 | 30,3 | 55,0 | 46,7 | 47,8 | 30,5 | 18,2 |

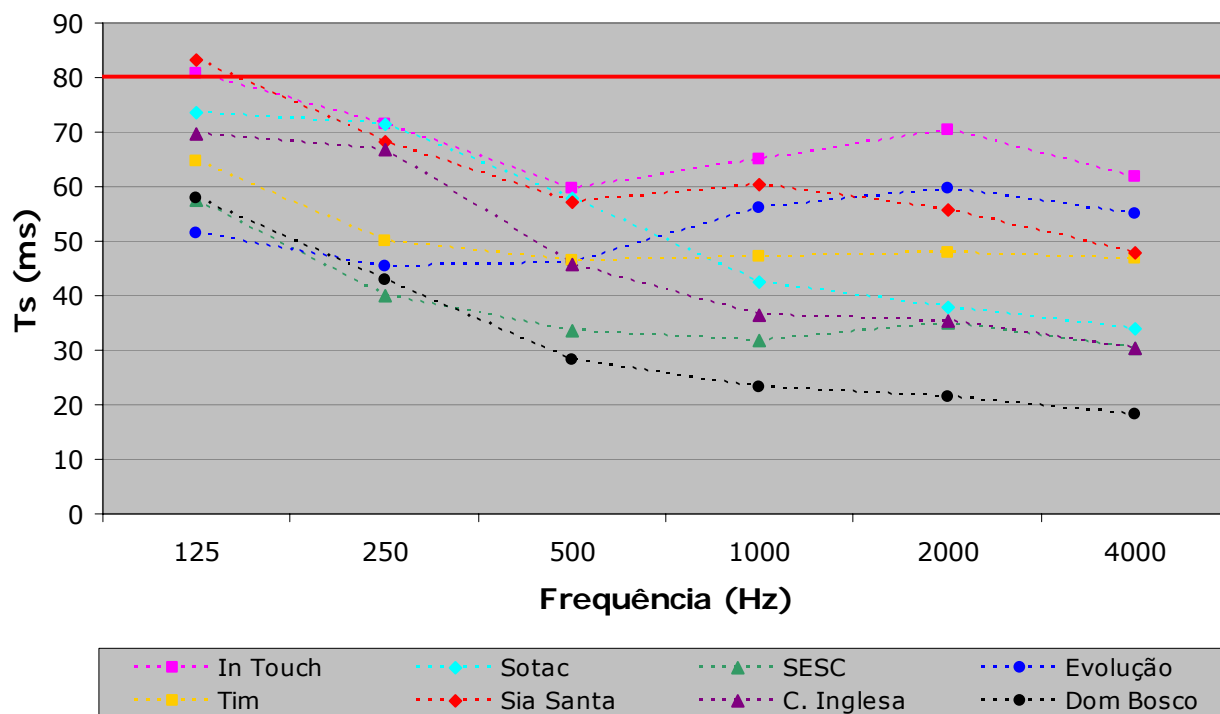


Figura 9-8. Tempo central

Os valores encontrados nas medições indicam que as salas são consideradas boas em relação a este parâmetro. Somente em duas salas, para a frequência de 125 Hz, os valores superaram o valor ideal, inferior a 80 ms.

g) Clareza – C_{80} (dB)

As médias dos valores de clareza (C_{80}) em função da frequência das oito salas estudadas são apresentadas na tabela 9-8 e no gráfico da figura 9-9.

Tabela 9-8. Clareza – C_{80} (dB)

| Freq.(Hz) | In Touch | Sotac | Sesc | Evolução | Tim | S.Santa | C.Ingl. | D.Bosco |
|-----------|----------|-------|------|----------|-----|---------|---------|---------|
| 125 | 3,7 | 4,6 | 6,0 | 8,9 | 4,9 | 3,6 | 3,3 | 5,8 |
| 250 | 4,7 | 3,3 | 8,8 | 7,8 | 6,5 | 3,8 | 4,1 | 7,8 |
| 500 | 4,8 | 4,6 | 9,4 | 6,6 | 7,1 | 5,4 | 7,2 | 10,9 |
| 1000 | 4,1 | 7,6 | 10,2 | 5,1 | 6,2 | 4,2 | 9,0 | 12,2 |
| 2000 | 3,1 | 8,4 | 9,5 | 4,4 | 6,2 | 5,0 | 9,4 | 12,5 |
| 4000 | 4,1 | 9,4 | 10,4 | 5,0 | 6,5 | 5,8 | 10,3 | 13,6 |

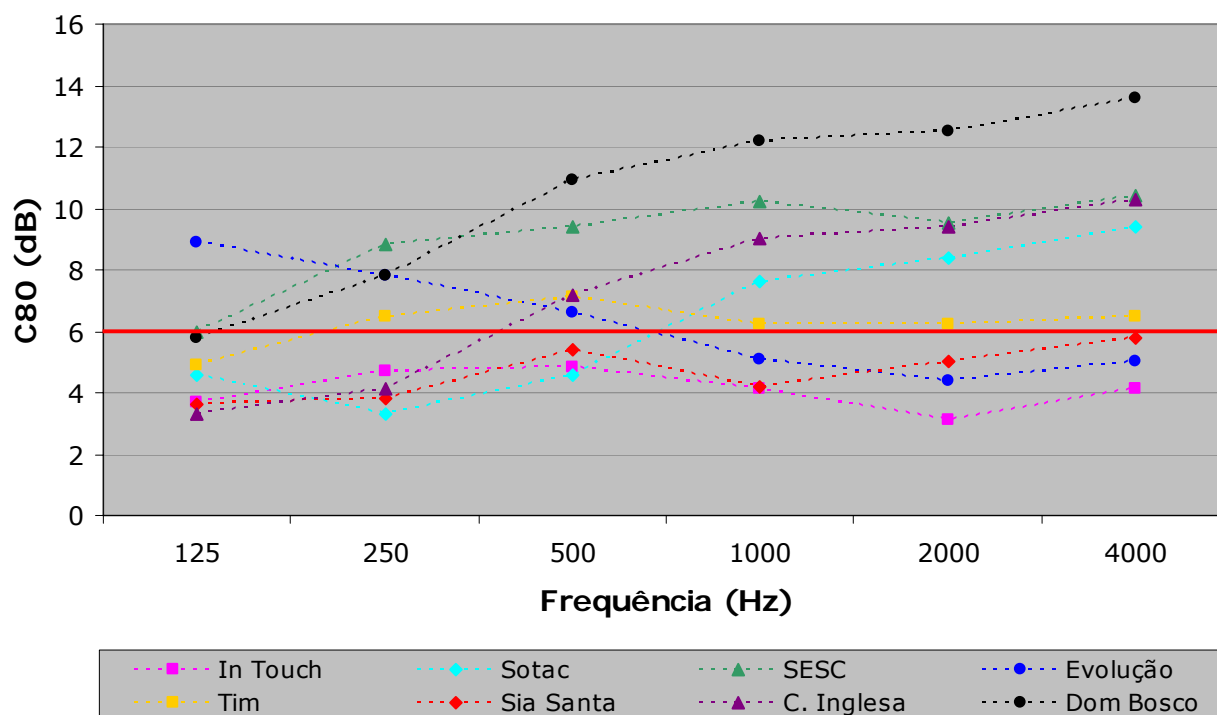


Figura 9-9. Clareza

A linha em vermelho no gráfico representa o limite do valor ideal apresentado por Gomes, Ribeiro e Aquino (2004). Os resultados devem ser superiores a 6 dB para as salas serem consideradas boas em relação a este parâmetro.

O anfiteatro Dom Bosco, o teatro Sesc e a sala Cultura Inglesa, apresentam os melhores resultados de clareza em médias e altas frequências e se revelam bons para a função de apresentações musicais.

h) Definição – D_{50}

As médias dos valores de definição (D_{50}) em função da frequência das oito salas estudadas são apresentadas na tabela 9-9 e, para uma melhor visualização dos resultados, no gráfico da figura 9-10.

Tabela 9-9. Definição – D_{50}

| Freq.(Hz) | In Touch | Sotac | Sesc | Evolução | Tim | S.Santa | C.Ingl. | D.Bosco |
|------------------|-----------------|--------------|-------------|-----------------|------------|----------------|----------------|----------------|
| 125 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 0,6 | 0,5 | 0,5 | 0,7 |
| 250 | 0,5 | 0,5 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,5 | 0,5 | 0,7 |
| 500 | 0,6 | 0,6 | 0,8 | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 0,7 | 0,8 |
| 1000 | 0,5 | 0,7 | 0,8 | 0,6 | 0,7 | 0,6 | 0,7 | 0,9 |
| 2000 | 0,5 | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 0,7 | 0,6 | 0,7 | 0,9 |
| 4000 | 0,5 | 0,7 | 0,8 | 0,6 | 0,7 | 0,6 | 0,8 | 0,9 |

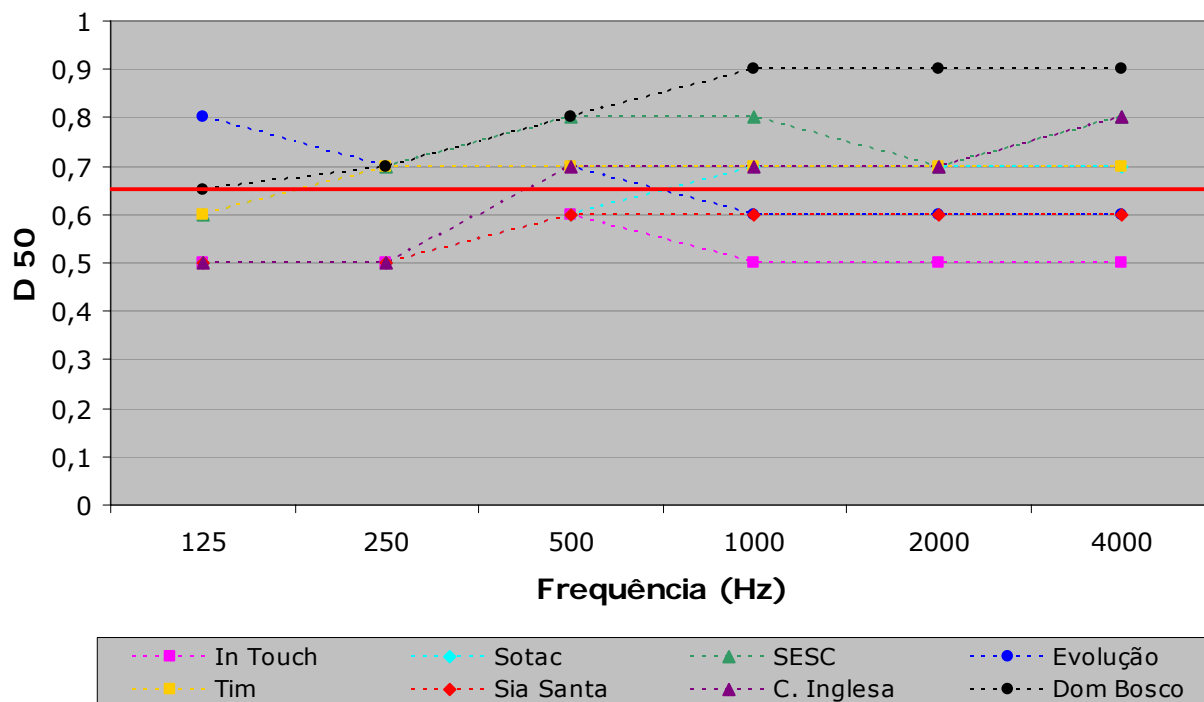


Figura 9-10. Definição

A linha horizontal vermelha indica o valor ideal apresentado por Ribeiro (2002). Os valores devem ser acima de 0,65 para apresentar um bom resultado em relação a este parâmetro. Sendo assim, para este parâmetro, as melhores salas são salas que tiveram assessoria acústica juntamente com o projeto arquitetônico: Dom Bosco, Sesc, Tim e Cultura Inglesa.

Por ser relacionado a inteligibilidade da palavra falada, este parâmetro é de extrema importância em avaliações de salas destinadas a apresentações teatrais.

i) Índice de transmissão da fala – STI

Os valores do índice de transmissão da fala (STI) das oito salas estudadas são apresentados na tabela 9-10 e, para uma melhor visualização dos resultados, no gráfico da figura 9-11.

No gráfico os valores inferiores à área hachurada em vermelho indicam que a sala é considerada ruim quanto a este parâmetro. Os valores dentro da área em vermelho indicam

um resultado regular. A área hachurada em azul indica que a sala é considerada boa e a área em amarelo indica um excelente resultado.

Tabela 9-10. Índice de transmissão da fala - STI

| In Touch | Sotac | Sesc | Evolução | Tim | Sia Santa | C. Inglesa | Dom Bosco |
|-----------------|--------------|-------------|-----------------|------------|------------------|-------------------|------------------|
| 0,61 | 0,68 | 0,58 | 0,46 | 0,59 | 0,58 | 0,67 | 0,43 |
| Boa | Boa | Razoável | Razoável | Razoável | Razoável | Boa | Ruim |

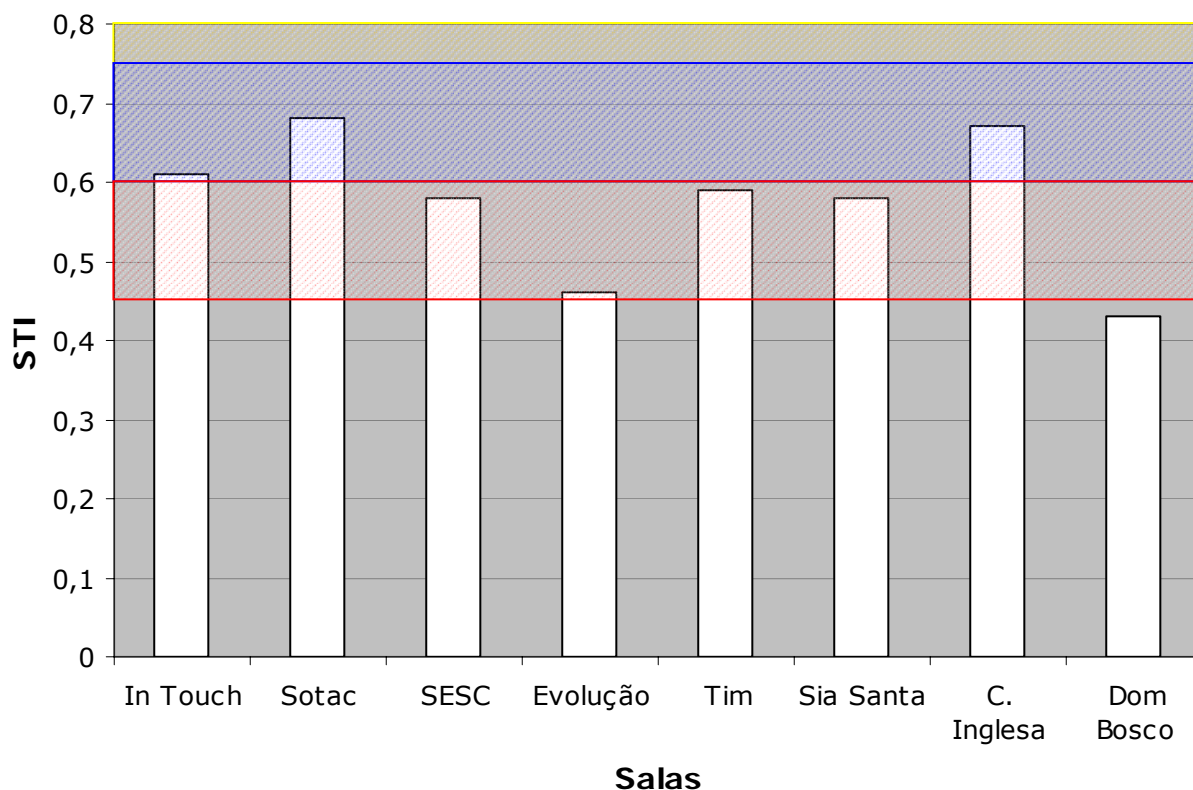


Figura 9-11. STI

Apenas uma sala está com o valor considerado ruim. Quatro salas têm resultados regulares e três salas possuem valores considerados bons.

9.2 Parâmetros arquitetônicos

Evidentemente há uma grande influência do projeto arquitetônico na qualidade acústica dos espaços. Boas condições auditivas e um bom isolamento acústico tanto contra ruídos exteriores ou ainda interiores devem ser contemplados.

Primeiramente, é importante mencionar que há uma falta de conhecimento, por parte da maioria dos projetistas, das normas e legislações acústicas. Além disso, o cumprimento e a observância destas devem ter fiscalizações mais rígidas.

Um fator primordial de projeto nos dias atuais, devido ao grande aumento do ruído urbano, é a consciência que a implantação é um meio de minimizar os ruídos externos com simples observações em campo, avaliando o ruído veicular e atividades ruidosas. Essa aplicação pode ser visualizada principalmente em salas que tiveram assessoria especializada em acústica, como nas salas In Touch, Sesc, Tim e Dom Bosco.

Além dos ruídos exteriores é necessário um cuidado especial com os ruídos internos à edificação, como os produzidos por atividades em salas adjacentes, instalações sanitárias ou ainda reatores de luminárias. Os ambientes ruidosos devem ser separados dos não ruidosos com a organização funcional e técnica, em planta, levando em consideração sempre o uso da sala.

Ainda se referindo à edificação, os arquitetos com conhecimento do comportamento acústico dos materiais, podem projetá-los satisfatoriamente, com as mais variadas plantas e volumes e revestir com gama interminável de materiais (CARVALHO, 2006).

Outra observação relevante é o layout interno à sala com o intuito de aproveitar melhor as áreas nobres, como eliminar o corredor central ou ainda verificar a adequada inclinação da platéia, para melhorar a visibilidade e o conforto. Há também uma influência da impressão subjetiva dos usuários referente ao conforto e a estética das salas.

Os parâmetros acústicos devem ser avaliados levando em consideração o conjunto das informações arquitetônicas. As técnicas construtivas, a geometria e a correta aplicação dos materiais garantem uma transmissão e distribuição sonora eficientes.

As informações adquiridas comprovam que o projeto arquitetônico e o projeto acústico devem ser tratados de forma integrada; trata-los separadamente pode trazer prejuízos técnicos e financeiros. Com o conhecimento e aplicação de conceitos básicos de acústica é possível melhorar a qualidade acústica dos ambientes e reduzir os custos do projeto, se forem utilizados durante sua concepção. Afinal, prevenir é melhor do que remediar... (BERTOLI, 2006).

10 Conclusões

Ao avaliar salas destinadas a apresentações teatrais, pôde-se observar que o processo projetual é complexo e envolve um grande número de informações. Dessa forma, esta pesquisa buscou obter os aspectos que influenciam na qualidade acústica.

A técnica impulsiva utilizada através do software Dirac, para a avaliação das salas desta dissertação, se mostrou eficiente durante as medições e precisa nos resultados.

Na observação do cenário e no levantamento das implantações e das plantas das salas observou-se a importância de uma avaliação em campo para a verificação de possíveis fontes externas de ruído. Esse processo é fundamental e simples e faz com que o planejamento consciente traga resultados eficientes.

Todas as salas avaliadas, construídas com um propósito funcional, garantem uma transmissão sonora eficiente devido à pequena distância entre fonte-ouvinte. Assim, os focos de atenção se voltam à volumetria, layout e a correta aplicação dos materiais construtivos.

A volumetria deve ser trabalhada em conjunto com a geometria e com o uso de materiais de modo a melhorar as reflexões úteis aos ouvintes e adequar o tempo de reverberação das salas.

Após a realização das medições e das tabulações dos resultados, os gráficos mostraram uma melhor eficiência das salas nas médias e altas frequências. Isso é um fator positivo já que frequências abaixo de 500 Hz pouco influem na inteligibilidade.

É interessante verificar que o layout melhora consideravelmente a qualidade acústica em algumas posições. Um bom estudo da distribuição sonora e da curva de visibilidade são fatores primordiais para o grande êxito da sala.

Os passos no processo projetual não foram enumerados devido a grande dificuldade em estabelecer diretrizes capazes de definir a adequação ao desempenho acústico e o atendimento a todos os parâmetros acústicos.

Espera-se que as informações desta dissertação inspirem e estimulem a realização de mais pesquisas em acústica de salas de forma a facilitar o processo de conhecimento dos projetistas em relação à acústica arquitetônica e trazer a realidade projetos mais conscientes e eficientes no que diz respeito ao conforto ambiental.

Para trabalhos futuros, sugere-se uma avaliação mais aprofundada do impacto do ruído ambiental nas proximidades às edificações, verificando a real influência do ruído exterior no interior das edificações. Para complementar este levantamento, pode-se avaliar subjetivamente a influência deste ruído nas salas com a opinião dos usuários e funcionários das edificações. Outra pesquisa seria a medição do ruído ambiental nas proximidades das edificações com as salas em atividade ou não, para verificar a influência sonora da sala em seu entorno.

Referências

ACOUSTICS ASSOCIATES. **Room acoustics & Speech intelligibility**. Illinois, 2003. Disponível em: <<http://www.acousticassociates.com/roomacu.htm>>. Acesso em: 03 outubro 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151**: Avaliação do nível do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade. Rio de Janeiro: ABNT, 2000. 4p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12179**: Tratamento acústico em recintos fechados. Rio de Janeiro: ABNT, 1992. 9p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **MB 2958**: Reverberação – Análise do tempo de reverberação em auditórios. Rio de Janeiro: ABNT, 1988. 3p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152**: Níveis de ruído para o conforto acústico. Rio de Janeiro: ABNT, 1987. 7p.

BADARÓ, Ricardo. **Sobre edifício da Cultura Inglesa**. Campinas, 1997. 1p.

BARBOSA, Miriam Jerônimo; ROLLA, Stelamaris. Avaliação e proposta de solução para o conforto acústico do núcleo de desenvolvimento infantil (NDI) da UFSC. *In* ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2, 1993, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ENCAC, 1993. p. 295–299. CD-Rom.

BERTOLI, Stelamaris Rolla; GOMES, Márcio Henrique de Avelar. **Técnicas de Medição para Acústica de Salas**. [Material didático para o curso de extensão universitária. Adaptado da apostila do curso Técnicas de Medição em Acústica do professor Michael Vorländer, Alemanha]. Campinas: Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, 2005. 66p.

BERTOLI, Stelamaris Rolla. Acústica: Prevenir ou remediar? **Revista CREASP**, São Paulo, n. 23, p. 24, junho 2006.

BISTAFA, Sylvio Reynaldo. **Acústica Arquitetônica**: Qualidade Sonora em Salas de Audição Crítica. Descrição Detalhada. São Paulo: CNPq, 2003. 25p. Disponível em: <http://www.poli.usp.br/p/sylvio.bistafa/acusarq_CNPq.pdf>. Acesso em: 28 agosto 2003.

BRÜEL & KJAER. **Application Note**: Measuring Speech Intelligibility Using DIRAC – Type 7841. Denmark: Brüel & Kjaer Sound & Vibration Measurement A/S, 2003. 24p.

BRÜEL & KJAER. **Product Data: DIRAC Room Acoustics Software Type 7841**. Denmark: Brüel & Kjaer Sound & Vibration Measurement A/S, 2003. 8p.

BRÜEL & KJAER. **DIRAC Room Acoustics Software Type 7841: Instruction Manual**. Denmark: Brüel & Kjaer Sound & Vibration Measurement A/S, 2003. 110p.

BUDEN, Ernest. **Dicionário Ilustrado de Arquitetura**. 2. ed. Trad. De Alexandre Ferreira da Silva Salvaterra. Porto Alegre: Bookman, 2006. 367p.

CAMBRIDGE. **International Dictionary of English**. London: Cambridge University Press, 1996.

CAMPINAS. Prefeitura Municipal de Campinas. **Lei nº 2.516, de 16 junho de 1961**. Disponível em: <<http://www.campinas.sp.gov.br/bibjuri/lei2516.htm>>. Acesso em: 20 janeiro 2005.

CAMPINAS. Prefeitura Municipal de Campinas. **Decreto nº 5.441, de 30 de junho de 1978**. Disponível em: <<http://www.campinas.sp.gov.br/bibjuri/dec5441.htm>>. Acesso em: 20 janeiro 2005.

CAMPINAS. Prefeitura Municipal de Campinas. **Código de projetos e execução de obras e edificações do município de Campinas: Lei Complementar nº 9, de 23 de dezembro de 2003**. Disponível em: <<http://www.campinas.sp.gov.br/bibjuri/leicomp109.htm>>. Acesso em: 20 janeiro 2005.

CAMPINAS. Prefeitura Municipal de Campinas. **Patrimônio Histórico e Ambiental**. Disponível em: <www.campinas.sp.gov.br/portal_2003_sites/conheca_campinas/cc_atracoes_culturais_patrimonio.htm>. Acesso em: 23 abril 2006.

CARNEIRO, Waldir de Arruda Miranda. **Aspectos jurídicos das perturbações sonoras em edifícios**. São Paulo: Gazeta Mercantil, 2001. Entrevista concedida a Jurema Aprile. Disponível em: <http://www.chegadebarulho.com/Conteudo_noticias.htm>. Acesso em: 20 agosto 2004.

CARVALHO, Régio Paniago. **Acústica Arquitetônica**. Brasília: Thesaurus, 2006. 167p.

CAVANAUGH, William J.; WILKES, Joseph A. **Architectural Acoustics: Principles and Practice**. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1999. 332p.

CENTRO DO CORAÇÃO. **Revista Metrópole**, Campinas, 2003. Disponível em: <www.cpopular.com.br/metropole/conteudi/mostra_noticia.asp?noticia=985479&area=2230&authent=527D6CBDA183614E5F8E92B0527D6C>. Acesso em 23 abril 2006.

CORBIOLI, Nanci. Bom planejamento torna-se o diferencial para teatros e auditórios. **Projeto Design**, São Paulo, n. 266, p. 100-102, abril 2002.

DE MARCO, Conrado Silva. **Elementos de Acústica Arquitetônica**. São Paulo: Nobel, 1982. 129p.

DIGIGRAM. [Apresenta informações sobre a empresa e produtos]. France, 2006. Disponível em: <www.digigram.com>. Acesso em 16 março 2006.

D. PEDRO. SHOPPING PARQUE DOM PEDRO. [Apresenta informações sobre o shopping]. Campinas, 2006. Disponível em: <www.parquedpedro.com.br>. Acesso em 16 maio 2006.

EGAN, M. David. **Architectural Acoustics**. New York: McGraw-Hill, 1988. 441p.

FARINA, Ângelo. Acoustic quality of theatres: correlation between experimental measures and subjective evaluations. **Applied Acoustics**, v.62, n. 8, p. 889-916, Aug. 2001.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Minidicionário Aurélio**. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira S. A., 1977

FRASOM. **A Acústica**. [Apresenta informações dos serviços oferecidos pela empresa, esclarecimentos sobre o mundo da acústica e dicas de isolamento e tratamento acústico]. Disponível em: <<http://frasom.tripod.com/interest.htm>>. Acesso em: 12 junho 2005.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Editora Atlas S. A., 2002. 175p.

GOMES, J.; RIBEIRO, Maria R.; AQUINO, C. Reabilitação acústica de um pequeno auditório. *In* CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE ACÚSTICA, 4; CONGRESSO IBÉRICO DE ACÚSTICA, 4; CONGRESSO ESPAÑOL DE ACÚSTICA – TECNIACUSTICA, 35; EUROPEAN ACOUSTICS SYMPOSIUM, 2004, Portugal. **Anais...** Portugal: ACÚSTICA, 2004. 8p. CD-Rom.

GRANADO JR, Milton Vilhena. **Acústica Arquitetônica**: Subsídios para Projetos de Salas para Palavra Falada (Teatro de palco Italiano). São Paulo, 2002. Tese (Doutorado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo.

GUARINOS, Jenaro Vera. **Perspectiva histórica de la Acústica**. Argentina: Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario, 2001. 15p. Disponível em: <<http://www.eia.fceia.unr.edu.ar/~acustica/biblio/histacus.pdf>>. Acesso em: 15 março 2005.

HASSALL, J. R; ZAVERI, K; PHIL, M. **Acoustic Noise Measurements**. 5th ed. Denmark: K. Larsen & Son, 1988. 310p.

INTERNATIONAL ELECTROTECHINICAL COMISSION. **IEC 60268-16**: Sound System Equipment – Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index. Switzerland: IEC, 2003. 28p.

IN TOUCH. CENTRO DE COMUNICAÇÃO E ARTES. [Apresenta informações dos serviços oferecidos pelo Centro e descrição da estrutura local]. Campinas, 2005. Disponível em: <<http://www.intouch.art.br>>. Acesso em: 27 junho 2005.

JOSSE, Robert. **La Acústica en la Construcción**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1975. 291p.

KUTTRUFF, H. Reverberation in room acoustics. *In* ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 19, 2000, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SOBRAC, 2000. p. 67-76.

LICEU SALESIANO NOSSA SENHORA AUXILIADORA. [Apresenta o histórico da escola e a estrutura local]. Campinas, 2005. Disponível em: <www.liceu.com.br>. Acesso em: 26 junho 2005.

MACEDO, Marta R. V.; SLAMA, Jules G. Avaliação pós-ocupação acústica e a gestão ambiental urbana. *In* ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 19, 2000, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SOBRAC, 2000. p. 392-397.

MARSH, Andrew. **Online information and course notes**. Australia: The school of architecture and fine arts – The University of Western Australia, 1999. Disponível em: <http://www.kemt.fei.tuke.sk/Predmety/KEMT320_EA/_web/Online_Course_on_Acoustics/men u.html>. Acesso em: 26 abril 2004.

MATOS, Odilon N. **Campinas de ontem e de hoje**. Campinas: Lix da Cunha, 1988. 144p.

MEHTA, Madan; JOHNSON, James; ROCAFORD, Jorge. **Architectural Acoustics: Principles and Design**. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, Inc., 1999. 446p.

MESVEDOVSKI, Nirce Saffer. **Grupos de trabalho: Avaliação Pós-Ocupação**. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2005. Disponível em: <http://www.antac.org.br/grupos/grupo_avaliacao.asp>. Acesso em: 07 abril 2005.

MULLER, Swen; MASSARANI, Paulo. Medições da resposta em frequência de sistemas de sonorização. In: SEMINÁRIO DE ENGENHARIA DE ÁUDIO, 2002, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SEMEA, 2002. 8p. Disponível em: <www.cpdee.ufmg.br/~semea/anais/artigos/swenmuller.pdf>. Acesso em: 7 abril 2005.

MULLER, Swen; MASSARANI, Paulo. Criação de varreduras com ênfase arbitrária. In: SEMINÁRIO DE ENGENHARIA DE ÁUDIO, 2002, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SEMEA, 2002. 8p. Disponível em: <www.cpdee.ufmg.br/~semea/anais/artigos/swenmuller.pdf>. Acesso em: 7 abril 2005.

NAGEM, Míriam Pompeu. **Mapeamento e análise do ruído ambiental: diretrizes e metodologia**. Campinas, 2004, 119p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas.

NORSONIC. [Apresenta informações sobre a empresa e produtos]. Lierskogen, 2005. Disponível em: <www.norsonic.com>. Acesso em 27 fevereiro 2005

OTICICA, Maria Lúcia; DUARTE, Elisabeth de Albuquerque Cavalcanti; SILVA, Luiz Bueno da. Análise da inteligibilidade da fala de uma sala de aula em situações diversas de climatização dentro do contexto acústico. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7; CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO E DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES, 3, 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ENCAC & COTEDI, 2003. p. 479-486. CD-Rom.

ORNSTEIN, Sheila. **Avaliação Pós-Ocupação (APO) do Ambiente Construído**. São Paulo: Livros Studio Nobel Ltda: Editora da Universidade de São Paulo, 1992. 223p.

ORNSTEIN, S. W.; ANDRADE, C. M. de; LEITE, B. C. C. Avaliação pós-ocupação (APO) aplicada em edifício de escritórios: procedimentos metodológicos e resultados na área de conforto ambiental. In: ENCONTRO NACIONAL, 6; ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3, 2001, São Pedro. **Anais...** São Pedro: ENCAC, 2001. 7p. CD-Rom.

PEDRAZZI, Thayse et al. Avaliação do desempenho acústico em salas de aula do CEFET-PR. In: ENCONTRO NACIONAL, 6; ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3, 2001, São Pedro. **Anais...** São Pedro: ENCAC, 2001. 6p. CD-Rom.

PRADO, Luiz Cintra do. **Acústica Arquitetônica**. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 1963. 128p.

RIBEIRO, Lúcia Gomes; MORAES, Anamaria de. O layout no ambiente construído e a organização do trabalho – um estudo de caso. *In*: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7; CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO E DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES, 3, 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ENCAC & COTEDI, 2003. p. 797-803. CD-Rom.

RIBEIRO, Maria Rosa Sá. Room Acoustic Quality of a Multipurpose Hall: A Case Study. *In* FORUM ACUSTICUM SEVILLA, 2002, Sevilla. **Anais...** Sevilla: FORUM ACUSTICUM, 2002. 6p. Disponível em: <www.ia.csics.es/Sea/sevilla02/rba02013.pdf>. Acesso em: 31 agosto 2005.

ROMANELLI, Marco Antônio Cypreste. Otimização de forma em tetos acústicos de auditórios. *In*: ENCONTRO NACIONAL, 3; ENCONTRO LATINO-AMERICANO, 1, 1995, Gramado. **Anais...** Gramado: CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1995. p. 701-706. CD-Rom.

SEEP, Benjamim et al. Acústica de Salas de Aulas. **Revista Acústica e Vibrações**, Santa Catarina, v. 29, p. 2-22, 2002.

SESC. [Apresenta informações sobre todas as unidades do Sesc]. Campinas, 2005. Disponível em: <www.sescsp.com.br>. Acesso em 23 abril 2006.

SIA SANTA. [Apresenta informações sobre a sala e espetáculos]. Campinas, 2005. Disponível em: <<http://www.siasanta.art.br>>. Acesso em 27 junho 2005.

SILVA, Pérides. **Acústica Arquitetônica**. Belo Horizonte: Editora Engenharia e Arquitetura, 1971.

SILVA, Roberto Starck Nogueira da. **Inteligibilidade da Palavra Falada em Salas Destinadas a Comunicação Verbal**. São Carlos, 1983, 230p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

SILVA, Roberto Starck Nogueira da. **Prefácio do complemento**. [Apostila utilizada nas aulas do curso de graduação da faculdade de arquitetura Belas Artes]. São Paulo, 1997.

SOLER, Carolina. **O processo do projeto de auditórios**: avaliação e proposta de procedimento. Campinas, 2004. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas.

SOTAC. [Apresenta informações sobre a sala, programação e cursos]. Campinas, 2005. Disponível em: <www.sotac.com.br>. Acesso em 23 abril 2006.

SOUZA, Lea Cristina Lucas de; ALMEIDA, Manuela Guedes de; BRAGANÇA, Luis. **Bê-a-bá da acústica arquitetônica**: ouvindo a arquitetura. São Paulo: L. C. L de Souza, 2003. 149p.

TEATRO TIM. [Apresenta informações sobre os serviços oferecidos pelo teatro]. Campinas, 2006. Disponível em: <www.teatrotim.com.br>. Acesso em 23 abril 2006.

TENENBAUM, Roberto A. **Introdução ao Conforto Acústico**. Rio de Janeiro: Laboratório de Acústica e Vibrações – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2000. Apostila.

TOCCI, Gregory C. Room noise criteria – the state-of-the-art in the year 2000. *In*: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 19, 2000, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SOBRAC, 2000. p. 133-153.

VALADARES, Victor M.; VECCI, Marco Antônio M. Avaliação simplificada de desempenho acústico de salas utilizadas para concertos em Belo Horizonte. *In*: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 19, 2000, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SOBRAC, 2000. p. 487-492.

VIVEIROS, Elvira B. Acústica de salas & técnicas impulsivas. *In*: ENCONTRO NACIONAL, 3; ENCONTRO LATINO-AMERICANO, 1, 1995, Gramado. **Anais...** Gramado: CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1995. p. 725-730. CD-Rom.

YAMASAKI, Yoshio. **Measurement of spatial information in sound fields by closely located four microphones**. Tokyo, 1992, 8p. Artigo - Science and Engineering Laboratory, Waseda University. Disponível em: <<http://www.acoust.rise.waseda.ac.jp/publications/happyou/ica/ica-14-beijing-1992.pdf>>. Acesso em: 04 abril 2003.

YILI, Y et al. Estimadores de qualidade para pequenas salas destinadas a atividades musicais. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO E MÚSICA, 9, 2003, Campinas. **Anais...** Campinas: SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO, 2003. p. 249-255.

Bibliografia consultada

AKUSTIKA PRAHA. **Room acoustics of theatres, concert and conference halls, acoustics of recording studios.** Czech Republic, 2005. Disponível em: <<http://www.akustika.cz/room.htm>>. Acesso em: 27 fevereiro 2005.

AZEVEDO, Alberto Vieira de. **Teatros e Auditórios** – Acústica e Arquitetura. Rio de Janeiro: H. Sheldon Serviços de Marketing Ltda, 1994. 144p.

BARING, João Gualberto de Azevedo. **Contribuição para a correta resolução acústica dos edifícios.** São Paulo, 1981. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo.

BARRON, Michael. **Auditorium Acoustics and Architectural Design.** London: E & FN Spon, 1993. 443p.

BISTAFA, Sylvio R.; BRADLEY, John S. Reverberation time and maximum background-noise level for classrooms from a comparative study of speech intelligibility metrics. **J. Acoust. Soc. Am.**, v. 107, n. 2, p. 861-875, Feb. 2000.

BISTAFA, Sylvio R. The acoustics for speech of eight auditoriums in the city of São Paulo. *In* PAN-AMERICAN-IBERICAN MEETING ON ACOUSTICS, 1, 2002, México. **Anais...** México: PAN-AMERICAN-IBERICAN MEETING ON ACOUSTICS, 2002. 7p. Disponível em: <http://www.poli.usp.br/p/sylvio.bistafa/paper/bistafa_session_2pAAa.pdf>. Acesso em: 28 março 2005.

BRÜEL & KJAER. **DIRAC Room Acoustics Software Type 7841.** Version 3.0. Instruction Manual. Denmark: Brüel & Kjaer Sound & Vibration Measurement A/S, 2003. 107p.

BRÜEL & KJAER. **Technical Documentation:** Building Acoustics System. Denmark: Brüel & Kjaer Sound & Vibration Measurement A/S, 1996. 149p.

CAMPINAS. Prefeitura Municipal de Campinas. **Censo Cultural de Campinas – 2003.** Disponível em: <<http://degas.ima.sp.gob.br/%7Eseccultura/cinefind.php?tipo=teatro>>. Acesso em: 20 janeiro 2005.

CARVALHO, Antonio P. O.; MORGADO, Antonio; HENRIQUE, Luís. Relationship between speech intelligibility and objective acoustical parameters or architectural features in catholic churches. *In*: NOISE-CON, 97, 1997, Pennsylvania. **Anais...** Pennsylvania: NOISE-CON, 1997. p. 355-360.

DUPRÉ, Nélon. Acústica determina arquitetura de sala de concertos com forro móvel, em estação ferroviária histórica. **Projeto Design**, São Paulo, n. 233, 40-47, jul. 1999.

FERNANDES, Antônio Luiz; PENTEADO, Regina. Sobriedade e discrição num conjunto que valoriza as condições funcionais e o bem-estar do público. **Projeto Design**, São Paulo, n. 220, 54-57, maio. 1998.

FIGUEROLA, Valentina. Por trás da audiência. **AU Arquitetura e Urbanismo**, São Paulo, n. 97, p. 88-91, ago./ set. 2001.

GOMES, Márcio Henrique da Avelar. **Obtenção de parâmetros para a avaliação da qualidade acústica de salas através da técnica MLS e acústica de raios**. Florianópolis, 1998. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.

GRANADO JR., Milton Vilhena; BISTAFA, Sylvio Reynaldo. Simulação Acústica de Teatros com Programa Comercial de Traçado de Raios – Relato de uma experiência. *In*: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 20; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE METROLOGIA EM ACÚSTICA E VIBRAÇÕES, 2, 2002, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SOBRAC, 2002. p. 01-06. Disponível em: <www.poli.usp.br/p/sylvio.bistafa/papers/mil_bis_rio.pdf>. Acesso em: 27 agosto 2003.

HAKAS, Jorge. Acústica y Arquitetura. Una Metodologia para su Integracion. **Acústica e Vibrações**, Santa Catarina, v. 10, fevereiro 1992. Disponível em: <<http://www.sobrac.ufsc.br/revistas/fev1992.htm>>. Acesso em: 09 abril 2004.

IZENOUR, George C. **Theater Design**. 2nd ed. New Haven and London: Yale University Press, 1996.

Jin Yong Jeon; Sung Chan Lee; VORLANDER, Michael. Development of scattering surfaces for concert halls. **Applied Acoustics**, v 65, n. 4, p. 341-355, Apr. 2004.

KUTTRUFF, Heinrich. **Room Acoustics**. 4th ed. London: Spon Press, 2000. 349p.

LAWRENCE, Anita B. **Architectural Acoustics** (Architectural Science Series). London: University of New South Wales, 1970. 219p.

LEHMANN, René. **Que sais – jé? L’acoustique des Batiments**. Paris: Presses Universitaires de France, 1968. 126p.

MAKRINENKO, Leonid I. **Acoustics of auditoriums in public buildings**. Trad. De R. S. Ratner. New York: Acoustical Society of América, 1994. 172p.

MELENDEZ, Adilson. Novos teatros incorporam técnicas modernas de projeto. **Projeto Design**. São Paulo, n. 233, 112-115, jul. 1999.

MÉNDEZ, Antonio M. et al. **Acustica Arquiteonica**. Argentina: Universidad del Museo Social Argentino, 1994.

MORIMOTO, Masayuki; SATO, Hiroshi; KOBAYASHI, Masaaki. Listening difficulty as a subjective measure for evaluation of speech transmission performance in public spaces. **J. Acoust. Soc. Am.**, v 116, n. 3, p. 1607-1613, Sept. 2004.

MOURA, Éride. Teatro histórico é remodelado para receber modernas instalações. **Projeto Design**. São Paulo, n. 256, 42-49, jun. 2001.

SAVIOLI, Carlos U. **Introduccion a la Acustica**. Mar del Plata: Espacio Editora, 1979. 75p.

SERRONI, J. C. **Teatros**. Uma memória do espaço cênico no Brasil. São Paulo: Editora Senac, 2002.

TACHIBANA, H.; YANO, H.; HIDAKA, Y. Measurement of impulse response and its applications in room acoustics. **J. Acoust. Soc. Am.**, v 89, n. 4B, p. 1856-1857, Apr. 1991.

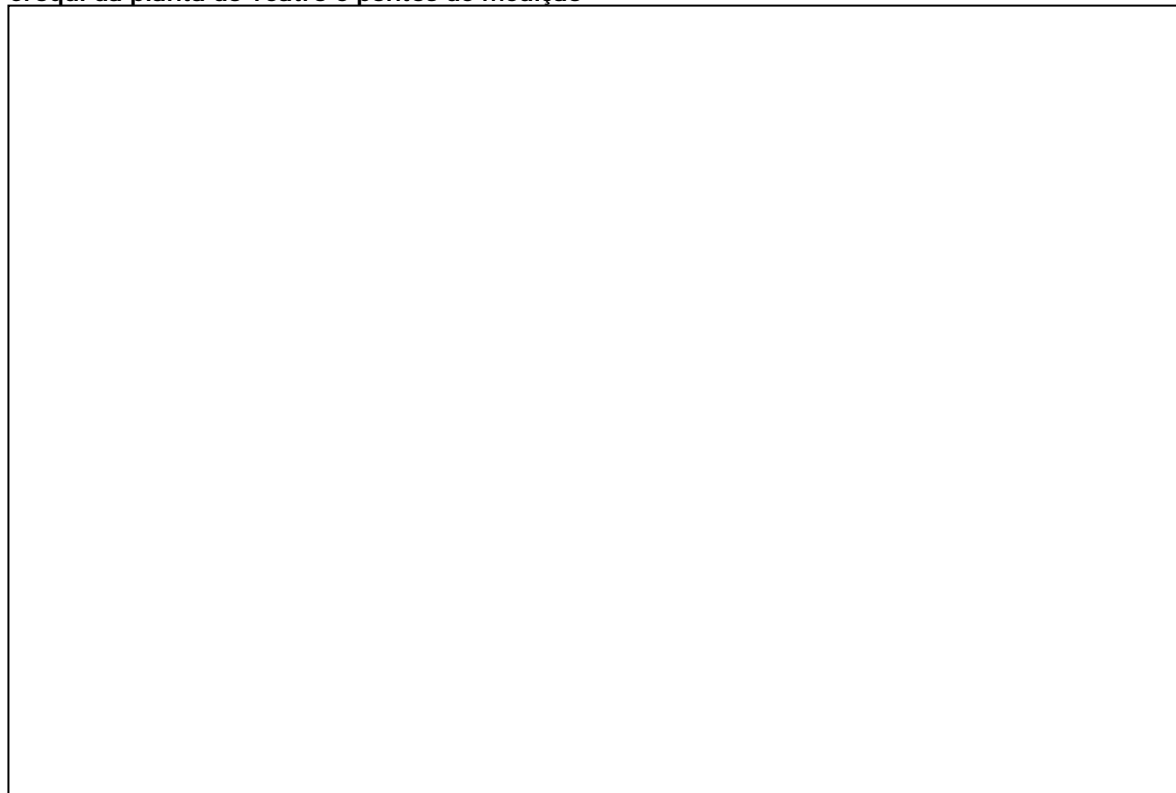
WOLF, José. Caixa de Ilusões. **AU Arquitetura e Urbanismo**, São Paulo, n. 92, p. 67-68, out./ nov. 2000.

Apêndice

Apêndice A – Planilha de coleta de dados

| | | |
|------------------|-------------------------------|--------------|
| Nome: | | Data: |
| Endereço: | | |
| Uso: | | |
| Ocupação | | |
| Área: | Volume: | |
| Largura: | Altura: | |
| Comprimento: | | |
| Local | Materiais Construtivos | |
| Paredes laterais | | |
| Parede do fundo | | |
| Teto | | |
| Piso | | |
| Piso do palco | | |
| Poltronas | | |

Croqui da planta do Teatro e pontos de medição



Apêndice B – Bibliografia e salas

| Legenda | |
|---------|---|
| Ok | A bibliografia em questão recomenda este item |
| X | A bibliografia em questão não recomenda este item |
| - | A bibliografia em questão não menciona este item |
| S | As recomendações são atendidas pelo Teatro em questão |
| N | As recomendações não são atendidas pelo Teatro em questão |

Paredes laterais paralelas ou com pequena inclinação

| | PRADO 1963 | EGAN 1988 | MEHTA 1999 | GRANADO 2002 |
|-------------------|---|---|---------------|-----------------|
| Observações: | // não - somente com pequena inclinação | // não - somente com paredes reorientadas | < 400 lugares | máx. 2º |
| In Touch | N | N | S | S |
| Sotac | N | S | N | N |
| Sesc | N | N | S | S |
| Evolução | N | N | S | S |
| Tim | N* | N* | S | S |
| Sia Santa | N | N | S | S |
| C. Inglesa | N | N | S | S |
| Dom Bosco | N | N | N | N |

* Paredes próximas ao palco possuem inclinação

Sala com planta em forma de leque

| | PRADO 1963 | EGAN 1988 | MEHTA 1999 | GRANADO 2002 |
|-------------------|-----------------------|--|-------------------------------------|-------------------------|
| Observações: | Ok | 30º para teatros com prosccênio (questões visuais) | 30º (> 400 lugares) 65º (limite) | X |
| In Touch | N | N | < 400 lugares | |
| Sotac | S | N** | < 400 lugares | |
| Sesc | N | N | < 400 lugares | |
| Evolução | N | N | < 400 lugares | |
| Tim | N | N | < 400 lugares | |
| Sia Santa | N | N | < 400 lugares | |
| C. Inglesa | N | N | < 400 lugares | |
| Dom Bosco* | S | S | < 400 lugares | |

* O teatro Dom Bosco possui as paredes perto do palco inclinadas em 60º (máximo permitido, segundo Egan, devido à direcionalidade da fala). 30º é o valor máximo recomendado.

** As paredes laterais possuem inclinação de 20º.

Inclinação adequada do teto

| | PRADO 1963 | EGAN 1988 | MEHTA 1999 | GRANADO 2002 |
|-------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|
| Observações: | Ok | Ok | Ok | Ok |
| In Touch | N | N | N | N |
| Sotac | N | N | N | N |
| Sesc | S | S | S | S |
| Evolução | N | N | N | N |
| Tim | S | S | S | S |
| Sia Santa | N | N | N | N |
| C. Inglesa | N | N | N | N |
| Dom Bosco | N | N | N | N |

Altura do palco

| | PRADO 1963 | EGAN 1988 | MEHTA 1999 | GRANADO 2002 |
|-------------------|---------------|--------------|---------------|-----------------|
| Observações: | - | < 1,02m | ≤ 1,05m | < 1,10m |
| In Touch | | S | S | S |
| Sotac | | S | S | S |
| Sesc | | S | S | S |
| Evolução | | S | S | S |
| Tim | | S | S | S |
| Sia Santa | | N | S | S |
| C. Inglesa | | S | S | S |
| Dom Bosco | | S | S | S |

Área por assento (m²)

| | PRADO 1963 | EGAN 1988 | MEHTA 1999 | GRANADO 2002 |
|-------------------|---------------|--------------|--------------------------|-----------------|
| Observações: | - | * | 0,55 a 0,7m ² | - |
| In Touch | | | N | |
| Sotac | | | N | |
| Sesc | | | N | |
| Evolução | | | N | |
| Tim | | | N | |
| Sia Santa | | | S | |
| C. Inglesa | | | N | |
| Dom Bosco | | | N | |

* A bibliografia cita somente que as dimensões podem ser as menores possíveis, desde que garantam conforto e segurança.

Volume por assento (m³)

| | PRADO 1963 | EGAN 1988 | MEHTA 1999 | GRANADO 2002 |
|-------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Observações: | - | 2,25 a 4,25m ³ | 2 a 5,7m ³ | 5 a 8m ³ |
| In Touch | | S | S | N |
| Sotac | | N | N | N |
| Sesc | | S | S | N |
| Evolução | | N | S | S |
| Tim | | N | S | N |
| Sia Santa | | S | S | N |
| C. Inglesa | | N | N | S |
| Dom Bosco | | S | S | N |

Distância entre fileiras

| | PRADO 1963 | EGAN 1988 | MEHTA 1999 | GRANADO 2002 |
|--------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|
| Observações: | - | 0,91 a 1,02 m | 0,95 m | 1m |
| In Touch* | | N | N | N |
| Sotac | | N | N | N |
| Sesc | | N | N | N |
| Evolução | | S | N | N |
| Tim | | N | N | N |
| Sia Santa | | S | S | N |
| C. Inglesa* | | N | N | N |
| Dom Bosco | | N | N | N |

* No dia da medição a dimensão entre as fileiras era de 0,80 m. Porém as cadeiras são móveis e podem ser adaptadas a qualquer momento.

Distância máxima adequada entre a extremidade do palco e a última fileira

| | PRADO 1963 | EGAN 1988 | MEHTA 1999 | GRANADO 2002 |
|-------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|--|
| Observações: | - | ≅ 27,4 m | 20 m | 20m – exig. visuais 30m – exig. acústicas |
| In Touch | | S | S | S |
| Sotac | | S | S | S |
| Sesc | | S | S | S |
| Evolução | | S | S | S |
| Tim | | S | S | S |
| Sia Santa | | S | S | S |
| C. Inglesa | | S | S | S |
| Dom Bosco | | S | S | S |

Uso de balcões para minimizar a distância entre fonte e receptor

| | PRADO 1963 | EGAN 1988 | MEHTA 1999 | GRANADO 2002 |
|-------------------|---------------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|
| Observações: | somente cita dimensões | Ok | > 800 lugares | Ok |
| In Touch | | | < 800 lugares | |
| Sotac | | | < 800 lugares | |
| Sesc | | | < 800 lugares | |
| Evolução | | S | < 800 lugares | S |
| Tim | | | < 800 lugares | |
| Sia Santa* | | | < 800 lugares | |
| C. Inglesa | | S | < 800 lugares | S |
| Dom Bosco | | | < 800 lugares | |

Inexistência de corredor central

| | PRADO 1963 | EGAN 1988 | MEHTA 1999 | GRANADO 2002 |
|-------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|
| Observações: | - | - | - | Ok |
| In Touch | | | | N |
| Sotac | | | | N |
| Sesc | | | | S |
| Evolução | | | | N |
| Tim | | | | S |
| Sia Santa | | | | S |
| C. Inglesa | | | | S |
| Dom Bosco | | | | N |

Existência de compartimentos ao redor da sala

| | PRADO 1963 | EGAN 1988 | MEHTA 1999 | GRANADO 2002 |
|-------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|
| Observações: | - | Ok | Ok | Ok |
| In Touch | | N | N | N |
| Sotac | | N | N | N |
| Sesc | | S | S | S |
| Evolução | | N | N | N |
| Tim | | S | S | S |
| Sia Santa | | N | N | N |
| C. Inglesa | | N | N | N |
| Dom Bosco | | S | S | S |

Materiais das paredes laterais

| | PRADO 1963 | EGAN 1988 | MEHTA 1999 | GRANADO 2002 |
|-------------------|------------------------|--|-------------------------------|--|
| Observações: | absorvido e difusor | reflexivo ou difusor fundo - absorção | reflexivo fundo – absorção | absorvido e perto do palco, reflexivo |
| In Touch | N | S | S | S |
| Sotac | N | N | N | N |
| Sesc | S | S | S | S |
| Evolução | N | N | N | N |
| Tim | S | S | S | S |
| Sia Santa | N | S | S | N |
| C. Inglesa | N | S | S | N |
| Dom Bosco | S | N | N | N |

Materiais da parede do fundo

| | PRADO 1963 | EGAN 1988 | MEHTA 1999 | GRANADO 2002 |
|-------------------|---|--|--|--|
| Observações: | para d>11m absorvido, difusor ou trabalhar formas | absorvido, difusor ou trabalhar formas | absorvido (>150 lugares) ou difusor (pequenos teatros) | para d>20m absorvido ou difusor* |
| In Touch | d < 11 m | S | S | d < 20 m |
| Sotac | d < 11 m | N | N | d < 20 m |
| Sesc | S | S | S | d < 20 m |
| Evolução | d < 11 m | N | N | d < 20 m |
| Tim | S | S | S | d < 20 m |
| Sia Santa | N | N | N | d < 20 m |
| C. Inglesa | d < 11 m | S | N | d < 20 m |
| Dom Bosco | S | S | S | d < 20 m |

* Nenhuma das salas analisadas possuem distância da extremidade do palco até a parede do fundo (d) maior que 20 metros. Para d < 20 m, poderá prescindir do tratamento proposto.

Material do piso dos corredores de circulação do público

| | PRADO 1963 | EGAN 1988 | MEHTA 1999 | GRANADO 2002 |
|-------------------|---|--|--|-------------------------|
| Observações: | pisos atapetados (conforme trecho citado anteriormente) | carpete (menos na parte frontal) | carpete (menos na parte frontal e sob as poltronas) | carpete |
| In Touch | N | N | N | N |
| Sotac | S | S* | S* | S |
| Sesc | S | S* | S* | S |
| Evolução | N | N | N | N |
| Tim | S | S | S | S |
| Sia Santa | N | N | N | N |
| C. Inglesa | N | N | N | N |
| Dom Bosco | S | S | S | S |

* Existência de carpete também na parte frontal e sob as poltronas.

Tipo de piso do palco

| | PRADO 1963 | EGAN 1988 | MEHTA 1999 | GRANADO 2002 |
|-------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------------------|-------------------------|
| Observações: | - | - | piso flutuante de tábuas Madeira | - |
| In Touch | | | S | |
| Sotac | | | S | |
| Sesc | | | S | |
| Evolução | | | S | |
| Tim | | | S | |
| Sia Santa | | | S | |
| C. Inglesa | | | sem palco fixo | |
| Dom Bosco | | | S | |

Material do forro ou das placas refletoras

| | PRADO 1963 | EGAN 1988 | MEHTA 1999 | GRANADO 2002 |
|-------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|
| Observações: | reflexivo | reflexivo | reflexivo | reflexivo |
| In Touch | S | S | S | S |
| Sotac | S | S | S | S |
| Sesc | S | S | S | S |
| Evolução | S | S | S | S |
| Tim | S | S | S | S |
| Sia Santa | N | N | N | N |
| C. Inglesa | N | N | N | N |
| Dom Bosco | N | N | N | N |

Curva de visibilidade

| | PRADO 1963 | EGAN 1988 | MEHTA 1999 | GRANADO 2002 |
|-------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|
| Observações: | - | Ok | Ok | Ok |
| In Touch | | N | N | N |
| Sotac | | N | N | N |
| Sesc | | N | N | N |
| Evolução | | N | N | N |
| Tim | | N | N | N |
| Sia Santa | | N | N | N |
| C. Inglesa | | N | N | N |
| Dom Bosco | | N | N | N |

Inclinação da platéia

| | PRADO 1963 | EGAN 1988 | MEHTA 1999 | GRANADO 2002 |
|-------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------------|
| Observações: | - | > 7º | * | altura degraus: 15 a 20 cm |
| In Touch | | N | | N |
| Sotac | | S | | N |
| Sesc | | S | | N |
| Evolução | | S | | S |
| Tim | | S | | S |
| Sia Santa | | N | | N |
| C. Inglesa | | S | | N |
| Dom Bosco | | S | | N |

* Somente cita a importância da inclinação da platéia, mas não revela os valores. Fornece uma fórmula para calcular a altura dos degraus a partir das linhas de visão e do posicionamento do ouvinte.

Ruído de fundo

| | PRADO 1963 | EGAN 1988 | MEHTA 1999 | GRANADO 2002 |
|-------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|
| Observações: | 20 a 30 dB p/ 1000 Hz | < 34 dB(A) * | - | < 27dB p/ 1000 Hz |
| In Touch | N | S | | S |
| Sotac | N | S | | S |
| Sesc | N | S | | S |
| Evolução | S | N | | N |
| Tim | S | S | | S |
| Sia Santa | N | S | | S |
| C. Inglesa | N | S | | S |
| Dom Bosco | N | S | | S |

* Como a bibliografia não cita a frequência ou faixa de frequência, analisou-se o nível global em dB(A) das salas.

NC

| | PRADO 1963 | EGAN 1988 | MEHTA 1999 | GRANADO 2002 |
|------------------------|---------------|--------------|---------------|-----------------|
| Observações: | - | máx. NC 25 | máx. NC 25 | máx. NC 25 |
| In Touch | | S | S | S |
| Sotac | | S | S | S |
| Sesc | | S | S | S |
| Evolução | | N | N | N |
| Tim | | S | S | S |
| Sia Santa | | S | S | S |
| Cultura Inglesa | | S | S | S |
| Dom Bosco | | S | S | S |

Tempo ótimo de reverberação (Tot) em segundos

| | PRADO 1963 | EGAN 1988 | MEHTA 1999 | GRANADO 2002 |
|-------------------|---|---|-----------------------------------|---|
| Observações: | (*fórmula) e gráfico Tot X Volume 500Hz | (< 1,2) 250 a 4000 Hz e gráfico Tot X Volume média 500 e 1000 Hz | gráfico Tot X Volume 500 Hz | (0,7 a 1,0) média 500, 1000 e 2000 Hz |
| In Touch | N | S | N | S |
| Sotac | N | S | N | N |
| Sesc | N | S | N | N |
| Evolução | S | S | N | S |
| Tim | N | S | N | S |
| Sia Santa | N | S | N | N |
| C. Inglesa | S | S | S | N |
| Dom Bosco | N | S | N | N |

Quando as bibliografias fornecem mais de uma maneira de se obter o tempo ótimo de reverberação, a análise foi realizada com as opções em parênteses.

O tempo de reverberação fornecido pela fórmula ou pelos gráficos propostos tem uma tolerância de 10%.